

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-203671
 (43)Date of publication of application : 05. 08. 1997

(51)Int. Cl. G01L 1/18
 C04B 35/46
 C04B 35/49
 H01L 41/08
 H01L 41/187
 H01L 41/24
 H03K 17/94

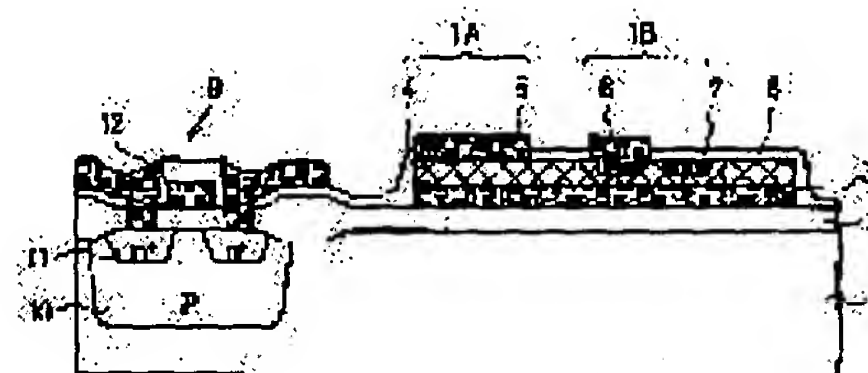
(21)Application number : 08-030090 (71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD
 (22)Date of filing : 25. 01. 1996 (72)Inventor : NAKANO HIROSHI

(54) TACTILE SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a tactile sensor, which can detect the pressure changes from three axial directions and has the signal processing function.

SOLUTION: An insulating film 2 comprising SiO₂ is formed on a semiconductor substrate 1. A pressure detecting part 1A, which comprises the multilayered structure of a bottom-part conductor film 3, a piezoelectric body film 4 and an upper conductor film 5 and detects the pressure in the vertical direction, is formed on the upper part of the insulating, film 2. Furthermore, recess parts are formed at two places in the piezoelectric body film 4. An upper conductor film 6 is arranged so that a part is protruding into the recess parts. At the same time, an upper conductor film 7 is arranged in the embedded pattern. Thus, a pressure detecting part 1B, which detects the pressure in the horizontal direction, is formed. Furthermore, a MOS-type transistor 9 constituting an amplifier circuit for amplifying the detected signals from the pressure detecting parts 1A and 1B and an operation processing circuit for operating the output signals, is formed, and the tactile sensor is constituted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15. 01. 2003
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Searching PAJ

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the tactile sensor arranged at the portion in contact with the object of the manipulator aiming at acquiring tactile information etc. in low invasion operations, such as a closed sir jelly in a medical field, the cell operation in a biotechnology field, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, an endoscope, a microscope, etc. attach greater importance than to the function as an instrument for observing to the function to operate the candidate for observation, increasingly, observing. As the expression, a rigid mirror is used for a cholecystectomy operation recently, or operation of the sample by the micro manipulation under a microscope is performed, and tactile information is simultaneously [with visual-sense information] needed. Moreover, the need for the pressure-distribution observation in medicine and a human engineering field increases, and the highly efficient tactile-sense pressure-distribution sensor is expected.

[0003] The conventional tactile sensor is represented by the tactile sensor which used conductive rubber. Since the conductive rubber of the portion will deform and the resistance of rubber will change if voltage is applied to the ends of the conductive rubber arranged in the shape of a matrix and external force is added, this tactile sensor is detecting the change as current change, and has detected the lengthwise elastic modulus of a tactile sense. Moreover, as the measuring method and equipment of a hardness property of the matter, the method of asking for the hardness of an object and softness is indicated by JP,3-81641,A. This method is the electrode 101 as shown in drawing 12, and 102. Thin film vibrator 103 of 3 terminal electrode structure which it has Metal plate 104 Piezoelectric transducer 105 which it comes to attach As shown in drawing 13 It is the method of including in the self-excitation circuit which consists of the measurement sections which consist of an amplifying circuit, a frequency measuring equipment, and an amplitude-measurement machine, asking by the element for oscillating detection which attached the resonant frequency at the time of contact existence with an object in the piezoelectric transducer, and detecting the hardness of an object from both difference. Moreover, as a semiconductor sensor using IC-ized technology of silicon, the diaphragm of thin meat is created on a semiconductor substrate, and there is a method of detecting change of a pressure as capacity change of a diaphragm.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the conventional tactile sensor is a sensor which detects only the object front face which are some elements which constitute a tactile sense, and vertical (lengthwise) elasticity, and the consideration from a viewpoint which performs pressure detection of those other than a perpendicular direction was not made. Moreover, in the contact section with an object, the sensor for vibration pickups was attached, and since it did not miniaturize, consideration was not made about the viewpoint of the application to a compound sensor which receives information, such as densification, and temperature, humidity, simultaneously, either.

[0005] this invention was made in order to solve the above-mentioned trouble in the conventional tactile sensor, and it aims at detection of the pressure variation from 3 shaft orientations being possible, and it being suitable for composite, small, and integration, and offering the highly efficient tactile sensor which has a signal-processing function.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned trouble, invention according to claim 1 The pressure detecting element which detects the vertical pressure which consists of multilayer structure of the conductor film prepared in the upper part of the insulator layer formed on the semiconductor substrate, a piezo-electric-crystal film, and a conductor film, It has the pressure detecting element which detects the horizontal pressure which consists of the conductor film and piezo-electric-crystal film which were prepared in the upper part of the insulator layer formed on the aforementioned semiconductor substrate, and a conductor film prepared in two or more crevices formed in this piezo-electric-crystal film. And signal amplifier and a signal computing element are prepared on the aforementioned semiconductor substrate, and a tactile sensor is constituted. Thus, by constituting, detection of the pressure of a perpendicular direction (Z direction) and a horizontal direction (X, the direction of Y) can be performed, and a small tactile sensor with a signal-processing function can be realized.

[0007] Invention according to claim 2 constitutes discontinuously the piezo-electric-crystal film which constitutes the pressure detecting element which detects the pressure of the aforementioned perpendicular direction, and the piezo-electric-crystal film which constitutes the pressure detecting element which detects a horizontal pressure in a tactile sensor according to claim 1. The pressure detecting element which detects a vertical pressure, and the pressure detecting element which detects a horizontal pressure are constituted independently by this, and a tactile sensor without the mutual interference of each detecting element can be realized.

[0008] Invention according to claim 3 constitutes the piezo-electric-crystal film which constitutes the pressure detecting element which detects the pressure of the aforementioned perpendicular direction, and the piezo-electric-crystal film which constitutes the pressure detecting element which detects a horizontal pressure from the discontinuously different quality of the material in a tactile

- sensor according to claim 1. The tactile sensor which a piezoelectric constant which is different on the piezo-electric-crystal film which constitutes each detecting element further while the tactile sensor equipped with the perpendicular direction pressure detecting element which does not have a mutual interference like invention according to claim 2, and the horizontal pressure detecting element is realizable could be given [tactile sensor], and changed the sensitivity property over the pressure in each direction by this is realizable.

[0009] Invention according to claim 4 arranges the pressure detecting element which detects the pressure detecting element and the horizontal pressure which detect the pressure of the aforementioned perpendicular direction in a tactile sensor given in any 1 term of claims 1-3 a single dimension or in the shape of-dimensional [2]. Thereby, since information is acquired from two or more perpendicular direction pressure detecting elements and horizontal pressure detecting elements, detection of tactile information, such as pressure distribution and a frictional force distribution, is obtained easily.

[0010] In a tactile sensor given in any 1 term of claims 1-4, invention according to claim 5 forms a polyimide insulator layer in the upper part of the pressure detecting element, signal amplifier, and signal computing element which detect the perpendicular direction and the horizontal pressure which were formed on the aforementioned semiconductor substrate, and thin-film-izes a semiconductor substrate. Since the pressure detecting element which contains by this the piezo-electric-crystal film which constitutes a tactile sensor is supported by the polyimide which is a flexible member, it has flexibility and mounting of it to a curved surface etc. is attained.

[0011] Invention according to claim 6 equips any 1 term of claims 1-5 with the sensor which detects temperature on a semiconductor substrate in the tactile sensor of a publication. Thereby, since the temperature change of the tactile sensor circumference is detectable, before an object and a tactile sensor contact, after being able to judge whether it is close to an object with the temperature change near the sensor and contacting, the temperature change from an object is detectable.

[0012] Invention according to claim 7 is set to a tactile sensor given in any 1 term of claims 1-6. It is the aforementioned piezo-electric-crystal film $\text{Pb}(\text{TiX Zr}_{1-\text{X}})\text{O}_3$ (X in a formula expresses a composition ratio) 0.2-1.0 It is what has the titanate-acid lead zirconate composition specified by the chemical composition of the range, and is constituted. moreover, invention according to claim 8 Setting to a tactile sensor given in any 1 term of claims 1-6, the aforementioned piezo-electric-crystal film is $\text{PbY Sr}_{1-\text{Y}}\text{O}(\text{TiX Zr}_{1-\text{X}})_3$ (X in a formula expresses a composition ratio). 0.2-1.0 The range and Y express a composition ratio and are 0.85-1.0. It constitutes from a piezo electric crystal specified by the chemical composition of the range. The tactile sensor equipped with the pressure detecting element of a good property by this can be offered.

[0013] Invention according to claim 9 consists of semiconductors to which the aforementioned temperature detection sensor is specified by the chemical composition of $\text{BaY Sr}_{1-\text{Y}}\text{O}(\text{TiX Zr}_{1-\text{X}})_3$ (X in a formula expresses a composition ratio, the range of 0.2-1.0 and Y express a composition ratio, and it is the range of 0.85-1.0) in a tactile sensor according to claim 6. The tactile sensor equipped with the temperature detection sensor of a good property by this can be offered.

[0014] [Embodiments of the Invention] Next, the gestalt of operation is explained. First, in order to make an understanding of this invention easy, the pressure detector which used the piezo-electric ceramic is explained briefly. Drawing 14 is drawing showing the basic circuit of pressure detection, and is the pressure detecting element 111 by the piezo-electric ceramic P0, the capacitor C0, and field-effect transistor FET. It is constituted. Field-effect transistor FET is made open and it is the piezo-electric ceramic P0. When the load F of polarization shaft orientations (Kgf) is impressed, it is the piezo-electric ceramic P0 by piezoelectricity effect. A charge Q0 (coulomb) occurs on a front face. Generating charge Q0 From a piezo-electric equation, it is given by the following formula (1) using a piezoelectric constant d_{33} (C/N).

$Q_0 = 9.8 d_{33} F \dots\dots (1)$
Generating charge Q0 Capacitor C0 connected in parallel It is accumulated. Capacitor C0 Piezo-electric ceramic P0 It compares, and capacity is sufficiently large, insulation resistance is high, and it is a capacitor C0. It is possible to adjust a generating charge to a suitable value, preventing leak of a charge by addition.

[0015] Next, when field-effect transistor FET is made close with load impression, it is a charge Q0. Resistance RS It leads and discharges. At this time, they are the discharge current information separator and Resistance RS. It is VS about the voltage to generate. Charge Q1 which discharged when carried out It is given by the following formula (2).

$Q_1 = \text{information-separator and } dt = 1/RS \text{ and VS, and } dt \dots\dots (2)$

Generating charge Q0 Electric discharge charge Q1 Since it is equal, Load F is expressed with the following formula (3) from the two above-mentioned formulas.

$F = 1/(9.8 d_{33} RS) \text{ and VS, and } dt \dots\dots (3)$

this integration -- operational amplifier 112 of drawing 14 Capacitor C1 Resistance R1 and R2 from -- becoming integrating circuit 113 It realizes.

[0016] Next, the form of operation of the 1st of this invention is explained. the form of this operation is shown in drawing 1 -- as -- the semiconductor substrate 1 top -- SiO_2 from -- the becoming insulator layer 2 is formed and pressure detecting-element 1A which detects the vertical pressure which becomes the upper part of this insulator layer 2 from the multilayer structure of the bottom conductor film 3, the piezo-electric-crystal film 4, and the up conductor film 5 is formed Here, pressure detecting-element 1A is Charge QV, if the vertical pressure F (Kgf) is applied to the up conductor film 5, since the piezo-electric-crystal film 4 has a piezoelectric constant d_{33} (C/N). By being generated by the relation of $QV = 9.8 d_{33} F$, a vertical pressure is convertible for a charge.

[0017] Moreover, two crevices are formed in the aforementioned piezo-electric-crystal film 4, the up conductor films 6 and 7 are arranged to the crevice, and pressure detecting-element 1B which detects a horizontal pressure is formed. Since, as for pressure detecting-element 1B, the piezo-electric-crystal film 4 has a piezoelectric constant d_{11} (C/N) here, Charge Qh corresponding to [if the horizontal pressure F (Kgf) is applied to the conductor film 6, distortion will arise between the conductor film 6 and the conductor film 7, and] this distortion By being generated by the relation of $Qh = 9.8 d_{11} F$, a horizontal pressure is convertible for a charge. In addition, since the horizontal force is equally applied to both the conductors film in this case as the conductor film 7 is the same configuration as the conductor film 6, distortion is not produced between both conductors films and pressure detection becomes

impossible. Therefore, the conductor film 7 is embedded into the piezo-electric-crystal film 4, is made into the structure where the horizontal pressure which should be detected is applied only to the conductor film 6, and it consists of gestalten of this operation, for example, so that pressure detection can be performed. And the layer insulation film 8 is formed in the front face except the conductor films 5 and 6.

[0018] In addition, the above-mentioned piezo-electric-crystal film 4 is $\text{Pb}(\text{TiX Zr}_{1-\text{X}})\text{O}_3$ (X in a formula expresses a composition ratio). 0.2-1.0 In the material which has the titanate-acid lead zirconate composition specified by the chemical composition of the range Or it creates with the material specified by the chemical composition of $\text{PbY Sr}_{1-\text{Y}}\text{O}(\text{TiX Zr}_{1-\text{X}})_3$ (X in a formula expresses a composition ratio, the range of 0.2-1.0 and Y express a composition ratio, and it is the range of 0.85-1.0).

[0019] Furthermore, on the semiconductor substrate 1, in order to amplify the electrical signal (charges QV and Qh) from the pressure detecting elements 1A and 1B, the amplifying circuit which consists of two or more MOS transistors represented by MOS transistor 9 is formed. Setting to drawing 1, P well, 10 is a field and 11 is n+. A type source drain field and 12 show the gate electrode. Moreover, the data-processing circuit (not shown) which performs data processing of an amplifying circuit and an output signal is also formed in the semiconductor substrate 1 by silicon process technology. In addition, before the MOS transistor which constitutes these amplifying circuits and a data-processing circuit forms each aforementioned pressure detecting element, after it forms it beforehand and it forms each aforementioned pressure detecting element except for the wiring section, it performs wiring between the MOS transistor etc. and each aforementioned pressure detecting element which constitute an amplifying circuit and a data-processing circuit, and it is made to complete a tactile sensor. Moreover, in each aforementioned pressure detecting element, a piezo-electric-crystal film may perform polarization processing etc., and may control a piezoelectric constant if needed.

[0020] Drawing 2 is a rough electrical-equivalent circuit about the gestalt of this operation. In drawing 2, 21 and 22 are horizontal pressure detecting elements, 23 is a vertical pressure detecting element and the pressure detecting elements 1B and 1A of drawing 1 correspond, respectively. The output signal from each pressure detecting elements 21, 22, and 23 is inputted into the data-processing circuit 25 which was outputted as pressure data of the X-axis, a Y-axis, and Z shaft orientations by the amplifying circuit 24 which is an MOS transistor and was constituted equally, and was constituted from an MOS transistor, is changed into tactile information (vector information etc.) if needed, and is outputted.

[0021] Next, the example of the manufacture method of the tactile sensor concerning the gestalt of the 1st operation shown in drawing 1 is explained. To the semiconductor substrate 1, this Si substrate top is oxidized thermally using a p type Si substrate, and it is SiO_2 as an insulator layer 2. 2000Å (200 nm) membrane formation is carried out. Next, it is SiO_2 at 2000Å thickness by the sputter. On an insulator layer 2, platinum is formed and the low section conductor film 3 is formed. Then, a substrate carries out prebaking processing for 700 °C/30 minutes in oxygen atmosphere. Next, the piezo-electric-crystal film 4 is formed with a sol-gel method on the aforementioned low section conductor film 3. Piezo-electric-crystal material dissolves lead acetate, and titanium isopropoxide and zirconium isopropoxide in a 2-methoxyethanol corresponding to target PZT composition, and adjusts a ZORUGERU precursor solution. Target film composition is $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.4}\text{Ti}_{0.6})\text{O}_3$. It carries out. And hydrolysis of the specified quantity, in addition a solution is performed for water and an acetic acid in the aforementioned precursor solution, and the solution after hydrolysis is formed for dryness, 180 °C, and 5 minutes in the procedure of RTP BEKU, oxygen atmosphere, programming-rate 125 °C / second, 650 °C, and during 30 seconds with 1500rpm, the spin coat for 30 seconds, and hot plate. In addition, in order to consider as 5000Å thickness, the process of - is repeated 5 times. Next, annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 700 °C, 30 minutes) is performed, and a piezo-electric-crystal film is formed.

[0022] Next, a crevice is formed in the piezo-electric-crystal film 4 by ion milling. Under the present circumstances, the depth of processing by milling is made into 4000Å. Next, it is 10000 by the sputter. Platinum is formed on the piezo-electric-crystal film 4 by the thickness of angstrom, and 700 °C and prebaking processing for 30 minutes are performed in oxygen atmosphere. Subsequently, the up conductor films 5 and 6 are formed by ion milling. Furthermore, by ion milling, the conductor film 7 for horizontal-pressure-force detecting elements is formed.

[0023] Next, the layer insulation film 8 is formed. SOG is applied to this membrane formation on spin coat, and it dries on condition that the following to it. Repeat the process of and until it becomes desired thickness, after baking 100 °C/5 minutes, 200 °C/5 minutes, and 280 °C/5 minutes one by one with a hot plate. Then, the temperature up of the degree of furnace temperature is carried out by 10-degree-C/, annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 600 °C, 30 minutes) is performed, annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 400 °C, 30 minutes) is performed, and annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 600 °C, 30 minutes) is performed [the temperature up of the degree of furnace temperature is carried out by 10 degrees-C/

[0024] It is processed in RIE after membrane formation of the layer insulation film 8, the up conductor film 5 and the layer insulation film 8 on six are removed, and each pressure detecting elements 1A and 1B are formed. And before forming each of these pressure detecting elements 1A and 1B, wiring between the amplifying circuit and data-processing circuit containing MOS transistor 9 except the wiring section currently beforehand formed by the CMOS process, and each aforementioned pressure detecting elements 1A and 1B is performed, and a tactile sensor is completed.

[0025] Next, the form of the 2nd operation is explained based on drawing 3. In addition, in drawing 3, the same sign is attached and shown in the same as that of the form of the 1st operation shown in drawing 1, or a corresponding component, and the MOS transistor portion is omitting illustration. The form of this operation constitutes the piezo-electric-crystal films 4a and 4b which constitute pressure detecting-element 1B which detects pressure detecting-element 1A and the horizontal pressure which were shown in drawing 1, and which detect a vertical pressure unlike the form of the 1st operation from a discontinuous film. Thus, by constituting, it becomes possible in the pressure detecting elements 1A and 1B of a horizontal direction and a perpendicular direction to eliminate the cross talk by a piezo-electric-crystal film being continuation. Furthermore, it also becomes possible by creating the piezo-electric-crystal films 4a and 4b using a different material to change a piezoelectric constant according to each pressure detecting element.

[0026] Next, the example of the manufacture method of the form of implementation of the above 2nd is explained. Using a p type Si substrate, the semiconductor substrate 1 oxidizes this Si substrate top thermally, and is SiO_2 as an insulator layer 2. 2000Å (200 nm)

membrane formation is carried out. Next, it is SiO₂ at 2000Å thickness by the sputter. On an insulator layer 2, platinum is formed and the low section conductor film 3 is formed. Then, a substrate carries out prebaking processing for 700 °C/30 minutes in oxygen atmosphere. Next, the piezo-electric-crystal film which forms the piezo-electric-crystal films 4a and 4b with a sol-gel method on the aforementioned low section conductor film 3 is formed. Piezo-electric-crystal material dissolves lead acetate, and titanium isopropoxide and zirconium isopropoxide in a 2-methoxyethanol corresponding to target PZT composition, and adjusts a ZORUGERU precursor solution. Target film composition is Pb(Zr_{0.4} Ti_{0.6}) O₃. It carries out. And hydrolysis of the specified quantity, in addition a solution is performed for water and an acetic acid in the aforementioned precursor solution, and the solution after hydrolysis is formed for dryness, 180 °C, and 5 minutes in the procedure of RTP BEKU, oxygen atmosphere, programming-rate 125 °C / second, 650 °C, and during 30 seconds with 1500rpm, the spin coat for 30 seconds, and hot plate. In addition, in order to consider as 5000Å thickness, the process of - is repeated 5 times. Next, annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 700 °C, 30 minutes) is performed, and a piezo-electric-crystal film is formed.

[0027] Next, a crevice is formed in the formation side of piezo-electric-crystal film 4b by ion milling. Under the present circumstances, the depth of processing by milling is made into 4000Å. Next, it is 10000 by the sputter. Platinum is formed on the piezo-electric-crystal film which forms the piezo-electric-crystal films 4a and 4b by the thickness of angstrom, and 700 °C and prebaking processing for 30 minutes are performed in oxygen atmosphere. Subsequently, the up conductor films 5 and 6 are formed by ion milling. Furthermore, by ion milling, the conductor film 7 for horizontal-pressure-force detecting elements is formed. And further, by ion milling, the piezo-electric-crystal films 4a and 4b and the low section conductor film 3 are processed, and perpendicular pressure detecting-element 1A and horizontal-pressure-force detecting-element 1B are formed.

[0028] Next, the layer insulation film 8 is formed. SOG is applied to this membrane formation on spin coat, and it dries on condition that the following to it. Repeat the process of and until it becomes desired thickness, after baking 100 °C/5 minutes, 200 °C/5 minutes, and 280 °C/5 minutes one by one with a hot plate. Then, the temperature up of the degree of furnace temperature is carried out by 10-degree-C/, annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 600 °C, 30 minutes) is performed, annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 400 °C, 30 minutes) is performed, and annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 600 °C, 30 minutes) is performed [the temperature up of the degree of furnace temperature is carried out by 10 degrees-C/

[0029] It is processed in RIE after membrane formation of the layer insulation film 8, the up conductor film 5 and the layer insulation film 8 on six are removed, and each pressure detecting elements 1A and 1B are formed. And before forming each of these pressure detecting elements 1A and 1B, wiring between the amplifying circuit and data-processing circuit containing MOS transistor 9 except the wiring section currently beforehand formed by the CMOS process, and each aforementioned pressure detecting elements 1A and 1B is performed, and a tactile sensor is completed.

[0030] Next, other examples of the manufacture method of the form of implementation of the above 2nd are explained. Using a p type Si substrate as a semiconductor substrate 1, this Si substrate top is oxidized thermally and it is SiO₂ as an insulator layer 2. 2000Å forms membranes. Next, it is SiO₂ at 2000Å thickness by the sputter. On an insulator layer 2, platinum is formed and the low section conductor film 3 is formed. Then, a substrate carries out prebaking processing for 700 °C/30 minutes in oxygen atmosphere. Next, piezo-electric-crystal film 4a is formed by the MOD method on the aforementioned low section conductor film 3. Piezo-electric-crystal material dissolves lead acetate, and titanium isopropoxide and zirconium isopropoxide in a 2-methoxyethanol corresponding to target PZT composition, and adjusts 2-ethyl hexanoic acid and the MOD solution made to react. Target film composition is Pb (Zr_{0.55}Ti_{0.45}) O₃. It carries out. And they are the specified quantity, in addition target film composition Pb_{0.9} Sr_{0.1}O(Ti_{0.55}Zr_{0.45}) 3 about 2-ethyl hexanoic-acid strontium to the aforementioned MOD solution. A solution is created. This solution is formed for dryness, 100 °C, 3 minutes, 150 °C, 3 minutes, and 250 °C and 5 minutes in the procedure of RTP BEKU, oxygen atmosphere, programming-rate 125 °C / second, 800 °C, and during 30 seconds with 2500rpm, the spin coat for 30 seconds, and hot plate. In addition, in order to consider as 5000Å thickness, the process of - is repeated 5 times. Next, annealing in an electric furnace (a part for 21/of oxygen atmosphere, 700 °C, 30 minutes) is performed, and a piezo-electric-crystal film is formed.

[0031] Next, it is 10000 by the sputter. Platinum is formed on piezo-electric-crystal film 4a by the thickness of angstrom, and prebaking processing for 700 °C/30 minutes is performed in oxygen atmosphere. Subsequently, the up conductor film 5 is formed by ion milling. Furthermore, by ion milling, piezo-electric-crystal film 4a and the pars-basilaris-ossis-occipitalis conductor film 3 are processed, and perpendicular direction pressure detecting-element 1A is created.

[0032] Next, piezo-electric-crystal film 4B used for horizontal pressure detecting-element 1B is formed in a sol gel process. Piezo-electric-crystal material dissolves lead acetate, and titanium isopropoxide and zirconium isopropoxide in a 2-methoxyethanol corresponding to target PZT composition, and adjusts a ZORUGERU precursor solution. Target film composition is Pb(Zr_{0.4} Ti_{0.6}) O₃. It carries out. Subsequently, hydrolysis of the specified quantity, in addition a solution is performed for water and an acetic acid in the aforementioned precursor solution, and the solution after hydrolysis is formed for dryness, 180 °C, and 5 minutes in the procedure of RTP BEKU, oxygen atmosphere, programming-rate 125 °C / second, 650 °C, and during 30 seconds with 1500rpm, the spin coat for 30 seconds, and hot plate. In addition, in order to consider as 5000Å thickness, the process of - is repeated 5 times. Next, annealing in an electric furnace (a part for 11/of oxygen atmosphere, 700 °C, 30 minutes) is performed, and piezo-electric-crystal film 4b is formed. Next, it is 10000 by the sputter. Platinum is formed on piezo-electric-crystal film 4b by the thickness of angstrom, and prebaking processing for 700 °C/30 minutes is performed in oxygen atmosphere. Subsequently, the up conductor film 6 is formed by ion milling, and the up conductor film 7 for horizontal-pressure-force detecting elements is further formed by ion milling. Furthermore, by ion milling, piezo-electric-crystal film 4b and the pars-basilaris-ossis-occipitalis conductor film 3 are processed, and horizontal pressure detecting-element 1B is created. Then, wiring between the amplifying circuit and data-processing circuit which consist of a MOS transistor currently beforehand formed on the same substrate similarly, and each aforementioned pressure detecting element is formed, and a tactile sensor is completed.

[0033] Next, the gestalt of the 3rd operation is explained based on drawing 4 . The gestalt of this operation is the tactile sensor equipped with the pressure detecting elements 1B and 1C which detect pressure detecting-element 1A which detects a vertical

pressure, and a horizontal pressure. The pressure detecting elements 1B and 1C of a ***** sake are a horizontal pressure mutually 180 It is arranged so that the pressure from a direction different a degree may be detected. That is, pressure detecting-element 1B carries out pressure detection to the right from the left on a drawing, and pressure detecting-element 1C detects the pressure from the right to the left on a drawing. About the detection principle of each pressure detecting element, it is the same as that of the tactile sensor of the gestalt of the 1st operation shown in above-mentioned drawing 1 . In addition, after the output from each pressure detecting element is amplified by the charge amplifier prepared on the same substrate, it is outputted by the computing element as information on a direction and a size.

[0034] Next, the modification of the form of the 3rd operation is explained based on (A) of drawing 5 , and (B). As shown in the plan and cross section of (A) of drawing 5 , and (B), this modification the piezo-electric-crystal films 4a, 4b, and 4c which constitute perpendicular direction pressure detecting-element 1A in the form of the 3rd operation shown in drawing 4 , and the horizontal pressure detecting elements 1B and 1C It is what was constituted from a discontinuous film, and enables this to eliminate the cross talk by a piezo-electric-crystal film being continuation in a perpendicular direction and each horizontal pressure detecting elements 1A, 1B, and 1C. It also becomes possible to change a piezoelectric constant according to each pressure detecting element by creating using material which is different also in this case as piezo-electric-crystal films 4a, 4b, and 4c.

[0035] Next, it explains based on (B) of drawing 6 which shows the cross section which met the plan of (A) of drawing 6 and its X-X' line, and the Y-Y' line in the form of the 4th operation, and (C). It is the tactile sensor equipped with pressure detecting-element 1A for detecting a vertical pressure with the form of this operation, and the pressure detecting elements 1B, 1C, 1D, and 1E for detecting a horizontal pressure. The pressure detecting elements 1B and 1C of a ***** sake are a horizontal pressure mutually 180 It is arranged so that the pressure from a direction different a degree may be detected, and the pressure detecting elements 1D and 1E of a ***** sake are a horizontal pressure mutually 180 It is arranged so that the pressure from a direction different a degree may be detected. And further, the horizontal-pressure-force detecting elements 1B and 1C and the horizontal-pressure-force detecting elements 1D and 1E are arranged so that the pressure of a direction which is mutually different 90 degrees, i.e., X shaft orientations, and Y shaft orientations may be detected.

[0036] And after being amplified by the amplifying circuit, it is outputted by the data-processing circuit as information on a direction and a size. Drawing 7 is drawing showing the rough equal circuit of the form of the 4th operation shown in drawing 6 . The output signal from each pressure detecting elements 1A, 1B, 1C, 1D, and 1E is inputted into the data-processing circuit 32 through an amplifying circuit 31, respectively, and can realize the possible tactile sensor of treating the three-dimensions information outputted as the direction of X, the direction of Y, a Z direction, and vector information.

[0037] Next, the form of the 5th operation is explained based on drawing 8 . This base unit is arranged in the shape of [of mxn] a matrix by making into a base unit five pressure detecting elements which detect the perpendicular and the horizontal pressure which were shown in drawing 6 , and which were shown in the form of the 4th operation, and the tactile sensor array 41 consists of forms of this operation. And each base unit of the tactile sensor array 41 is chosen by the X decoder 43 and the Y decoder 44 which are controlled by the address controller 42 formed on the same substrate, and the output signal is processed by an amplifying circuit and the data-processing circuit 45, and is outputted as information on a direction and a size. And the print-out is stored at any time in a memory circuit 46 as pressure-distribution information and distribution information on the direction of a pressure. Thus, by constituting, the tactile sensor which makes it possible to treat the tactile information of far-reaching three dimensions is realizable.

[0038] Next, the form of the 6th operation is explained based on drawing 9 . The form of this operation is SiO₂ on the semiconductor substrate 1 like the form of the 1st operation shown in drawing 1 . An insulator layer 2 is formed and the pressure detecting element 51 which turns into the upper part from the multilayer structure of the bottom conductor film 3, the piezo-electric-crystal film 4, and the up conductor film 5 is constituted. Subsequently, SiO₂ except the pressure detecting element 51 The semiconductor substrate 1 of a portion and SiO₂ in which the polyimide film 52 is formed by spin-on on the semiconductor substrate 1 in which the insulator layer 2 was formed, and the pressure detecting element 51 is formed Etching removes an insulator layer 2 and the pressure detecting element 51 formed by thin film multilayer structure constitutes the tactile sensor supported by the polyimide film 52 with flexibility. In addition, the above-mentioned piezo-electric-crystal film 4 is Pb(TiX Zr_{1-X}) O₃ (X in a formula expresses a composition ratio). 0.2-1.0 In the material which has the titanate-acid lead zirconate composition specified by the chemical composition of the range Or it creates with the material specified by the chemical composition of PbY Sr 1-YO(TiX Zr_{1-X}) 3 (X in a formula expresses a composition ratio, the range of 0.2-1.0 and Y express a composition ratio, and it is the range of 0.85-1.0).

[0039] Thus, in the constituted tactile sensor, even if the part mounted is a curved-surface configuration in case a tactile sensor is mounted since it is formed with the material in which the base material of a pressure detecting element has flexibility, it becomes possible to make it mount in accordance with the configuration.

[0040] Next, the form of the 7th operation is explained. Like the form of the 1st operation, as shown in drawing 10, at the same time the form of this operation forms an insulator layer on a semiconductor substrate and forms the pressure detecting element which turns into the upper part from the multilayer structure of a bottom conductor film, a piezo-electric-crystal film, and an up conductor film SiO₂ formed on the semiconductor substrate 1 On an insulator layer 2, the temperature sensor 64 constituted so that the semiconductor film 63 might be put by the lower electrode 61 and the up electrode 62 is formed. In addition, the above-mentioned piezo-electric-crystal film is Pb(TiX Zr_{1-X}) O₃ (X in a formula expresses a composition ratio). 0.2-1.0 In the material which has the titanate-acid lead zirconate composition specified by the chemical composition of the range Or it creates with the material specified by the chemical composition of PbY Sr 1-YO(TiX Zr_{1-X}) 3 (X in a formula expresses a composition ratio, the range of 0.2-1.0 and Y express a composition ratio, and it is the range of 0.85-1.0). Moreover, as a semiconductor film which constitutes the above-mentioned temperature sensor, it creates using the semiconductor specified by the chemical composition of BbY Sr 1-YO(TiX Zr_{1-X}) 3 (X in a formula expresses a composition ratio, the range of 0.2-1.0 and Y express a composition ratio, and it is the range of 0.85-1.0).

[0041] Thus, in the tactile sensor equipped with the temperature sensor, when the pressure detecting signal is detected in the data-processing section formed on the same substrate, of course, when not detected, derivation of the change of the output of a temperature sensor can be carried out, and the function to judge whether the tactile sensor is close to an object can be given.

[0042] Next, the example of the manufacture method of the temperature sensor section of the form of this operation is explained. Using a p type Si substrate as a semiconductor substrate 1, this temperature sensor oxidizes this substrate 1 top thermally, and is SiO₂. 2000Å of insulator layers 2 is formed. Next, it is SiO₂ at 2000Å thickness by the spatter. On an insulator layer 2, platinum is formed and the lower electrode 61 is formed. Then, a substrate performs prebaking processing for 700 °C 30 minutes in oxygen atmosphere. Next, the semiconductor film 63 is formed by the MOD method on the aforementioned lower electrode 61. As a semiconductor material, a barium acetate and titanium isopropoxide are dissolved in a 2-methoxyethanol corresponding to target composition, 2-ethyl hexanoic acid and the MOD solution made to react are adjusted, and it is specified quantity, in addition target film composition Ba_{0.8} Sr_{0.2} TiO₃ about 2-ethyl hexanoic acid to this MOD solution. A solution is created. This solution is formed with 2500rpm, the spin coat for 30 seconds, and 100 °C hot plate, and the semiconductor film 53 is formed for dryness, 100 °C, 3 minutes, 150 °C, 3 minutes, and 250 °C and 3 minutes in the procedure of RTP BEKU, oxygen atmosphere, programming-rate 125 °C / second, 800 °C, and 30 seconds. In addition, in order to consider as 3000Å thickness, the process of 100 °C - 250 °C is repeated 3 times. Next, annealing in an electric furnace (a part for 21% of oxygen atmosphere, 700 °C, 30 minutes) is performed, and the semiconductor film 63 is formed. Next, a 2000Å crevice is formed in the semiconductor film 53 by ion milling. Next, by the spatter, the platinum for up electrodes is formed on the semiconductor film 63 by 2000Å thickness, and prebaking processing for 700 °C 30 minutes is performed in oxygen atmosphere. Subsequently, the up electrode 62 is formed by ion milling. Thus, the manufactured temperature sensor shows the temperature characteristic as shown in drawing 11.

[0043]

[Effect of the Invention] As explained based on the gestalt of operation above, according to invention according to claim 1, detection of a perpendicular direction and a horizontal pressure can be performed, and a small tactile sensor with signal processing can be realized. According to invention according to claim 2, the tactile sensor which the mutual interference of a perpendicular direction pressure detecting element and a horizontal pressure detecting element does not produce is realizable. According to invention according to claim 3, the tactile sensor equipped with the perpendicular direction pressure detecting element from which a mutual interference does not arise and a piezoelectric constant differs, and the horizontal pressure detecting element is realizable. According to invention according to claim 4, it becomes possible to detect tactile information, such as pressure distribution and a frictional force distribution, easily. According to invention according to claim 5, the tactile sensor which can mount a curved surface etc. is obtained with flexibility. According to invention according to claim 6, the tactile sensor which can detect a surrounding temperature change is realizable. According to invention a claim 7 and given in eight, the tactile sensor equipped with the pressure detecting element of a good property can be offered, and the tactile sensor equipped with the temperature detection sensor of a good property can be offered according to invention according to claim 9.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section showing the gestalt of operation of the 1st of the tactile sensor concerning this invention.

[Drawing 2] It is drawing which was shown in drawing 1 and in which showing the outline equal circuit of the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 3] It is the cross section omitting and showing a part of gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 4] It is the cross section omitting and showing a part of gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 5] It is the plan and cross section of the modification of the gestalt of the 3rd operation which were shown in drawing 4 and which omit a part and are shown.

[Drawing 6] It is the plan and cross section of the gestalt of operation of the 4th of this invention which omit a part and are shown.

[Drawing 7] It is drawing which was shown in drawing 6 and in which showing the outline equal circuit of the gestalt of the 4th operation.

[Drawing 8] It is the block block diagram showing the gestalt of operation of the 5th of this invention.

[Drawing 9] It is the cross section which the gestalt of operation of the 6th of this invention omits a part, and is shown.

[Drawing 10] It is the cross section which the gestalt of operation of the 7th of this invention omits a part, and is shown.

[Drawing 11] It is drawing showing the temperature characteristic of the temperature sensor in the gestalt of the 7th operation shown in drawing 10.

[Drawing 12] It is the cross section showing the basic structure of the conventional pressure-sensor pressure-sensitive part.

[Drawing 13] It is drawing showing the single power supply self-excitation circuit used in order to detect the hardness of an object using the pressure sensor shown in drawing 12.

[Drawing 14] It is the circuitry view showing the pressure detector using the general piezo-electric ceramic.

[Description of Notations]

- 1 Semiconductor Substrate
 - 2 Insulator Layer
 - 3 Pars-Basilaris-Ossis-Occipitalis Conductor Film
 - 4 Piezo-Electric-Crystal Film
 - 5, 6, 7 Up conductor film
 - 8 Layer Insulation Film
 - 9 MOS Transistor
 - 10 P Type -- Well -- Field
 - 11 N+ Type Source Drain Field
 - 12 Gate Electrode
 - 1A Perpendicular direction pressure detecting element
 - 1B, 1C, 1D, 1E Horizontal pressure detecting element
 - 21, 22, 23 Pressure detecting element
 - 24 Amplifying Circuit
 - 25 Data-Processing Circuit
 - 31 Amplifying Circuit
 - 32 Data-Processing Circuit
 - 41 Tactile Sensor Array
 - 42 Address Controller
 - 43 X Decoder
 - 44 Y Decoder
 - 45 Amplification and Data-Processing Circuit
 - 46 Memory Circuit
 - 51 Pressure Detecting Element
 - 52 Polyimide Film
 - 61 Lower Electrode
 - 62 Up Electrode
 - 63 Semiconductor Film
 - 64 Temperature Sensor
-

[Translation done.]

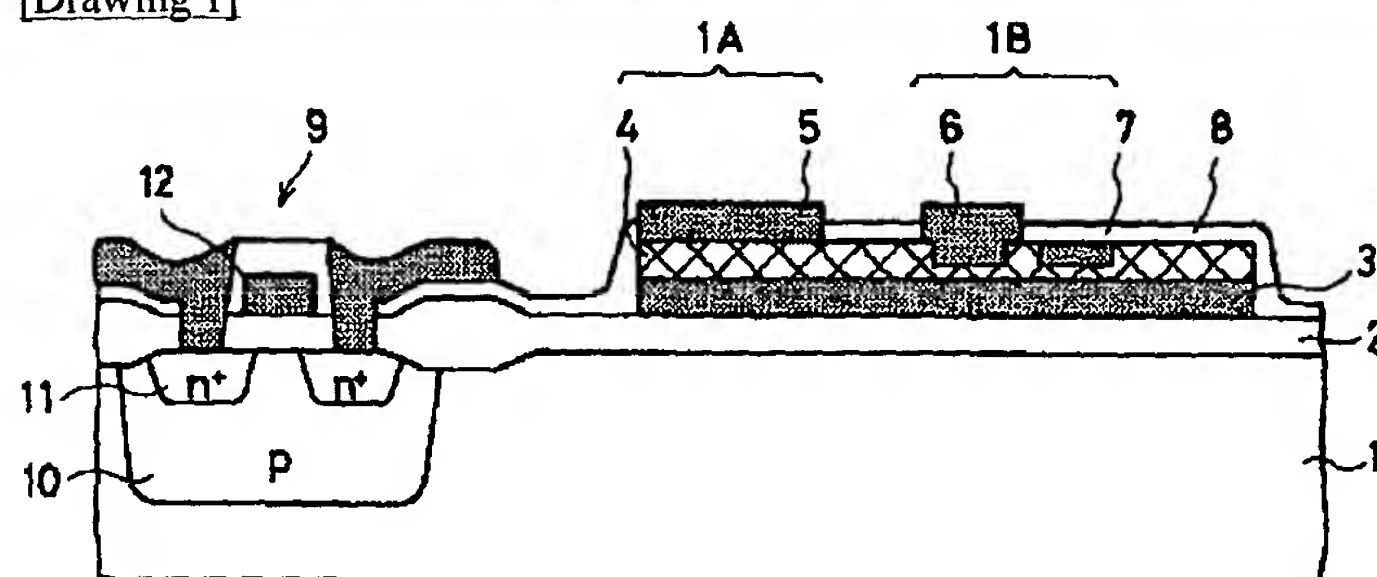
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

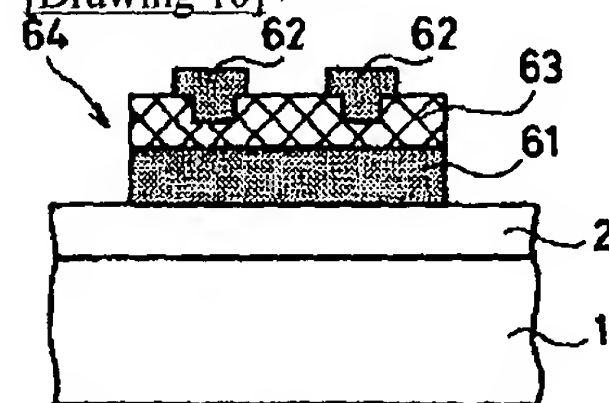
DRAWINGS

[Drawing 1]



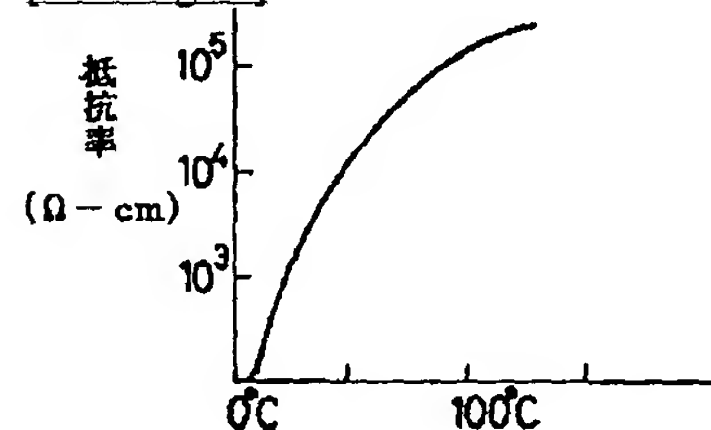
- | | |
|------------------|---------------------------------|
| 1 : 半導体基板 | 9 : MOS型トランジスタ |
| 2 : 絶縁膜 | 10 : p型ウェル領域 |
| 3 : 低導電性膜 | 11 : n ⁺ 型ソース・ドレイン領域 |
| 4 : 圧電体膜 | 12 : ゲート電極 |
| 5, 6, 7 : 上部導電性膜 | 1A : 垂直方向圧力検出部 |
| 8 : 層間絶縁膜 | 1B : 水平方向圧力検出部 |

[Drawing 10]

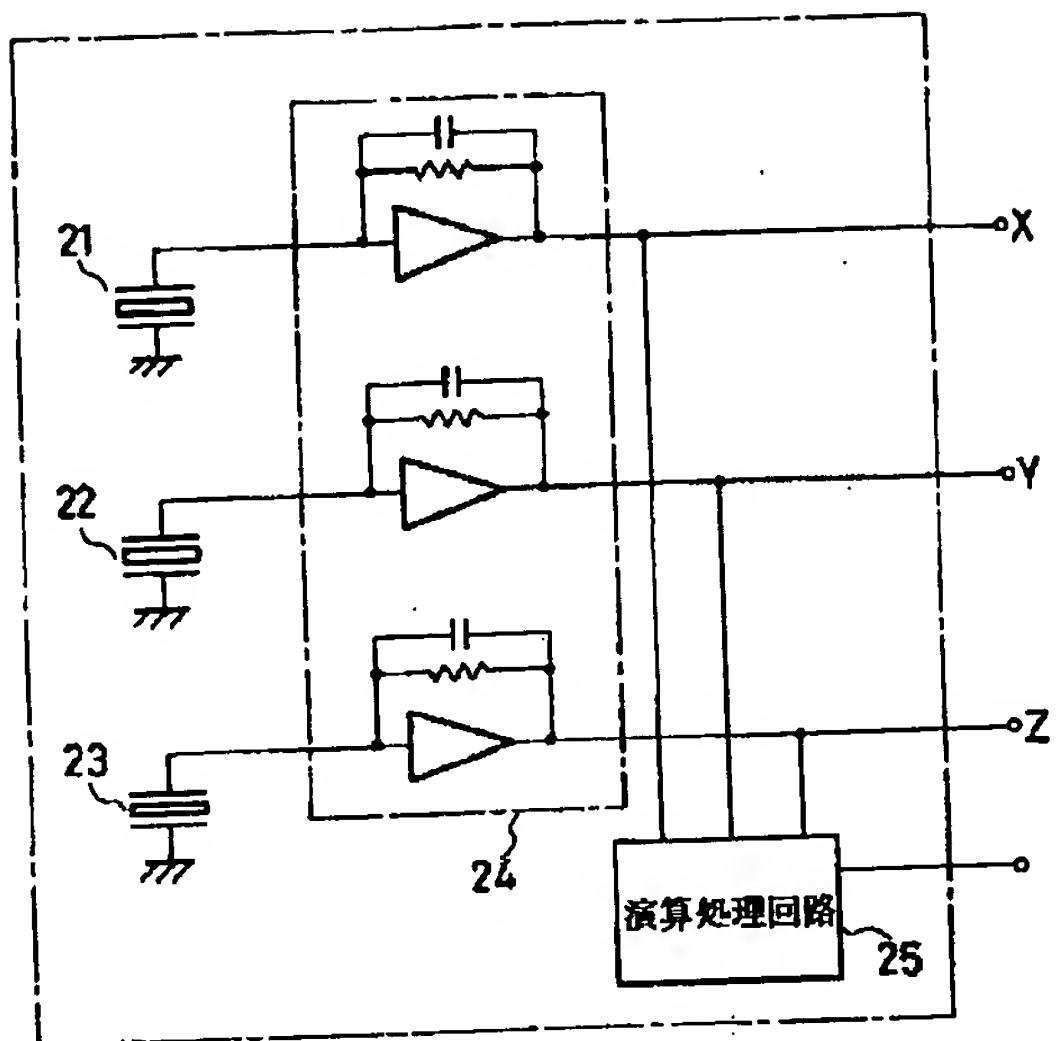


64 : 温度センサ

[Drawing 11]

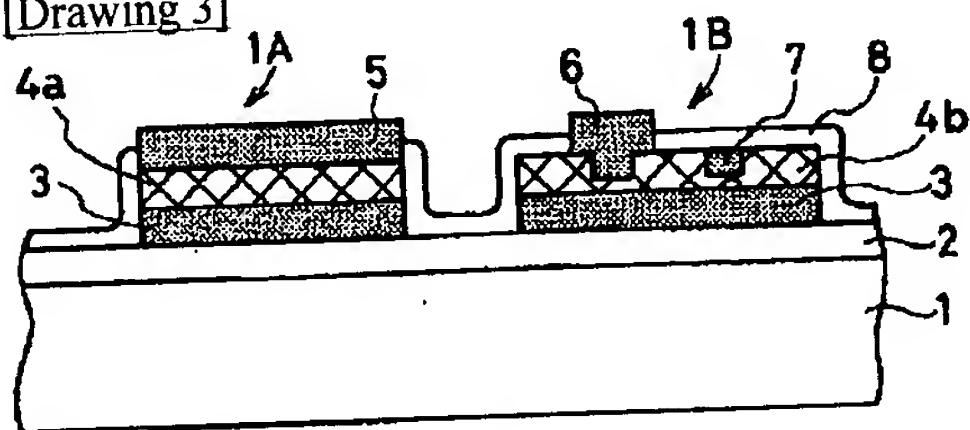


[Drawing 2]



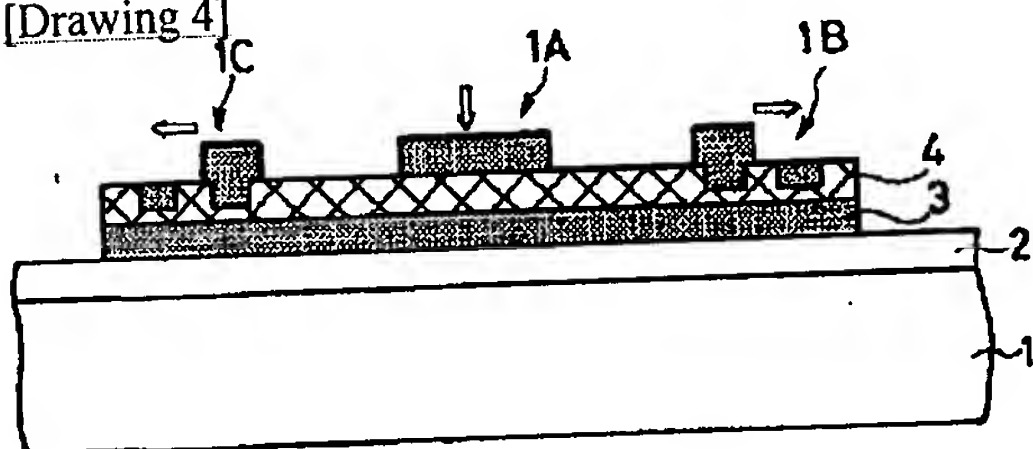
21, 22 : 水平方向圧力検出部
 23 : 垂直方向圧力検出部
 24 : 増幅回路

[Drawing 3]



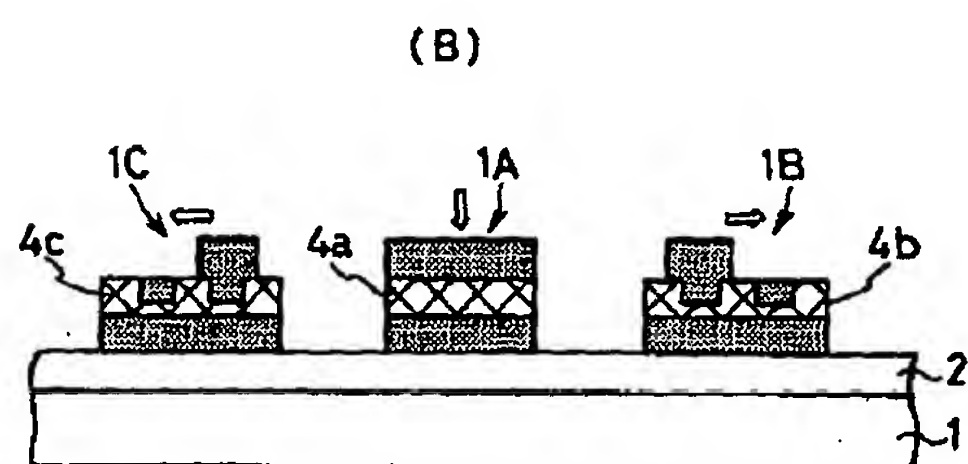
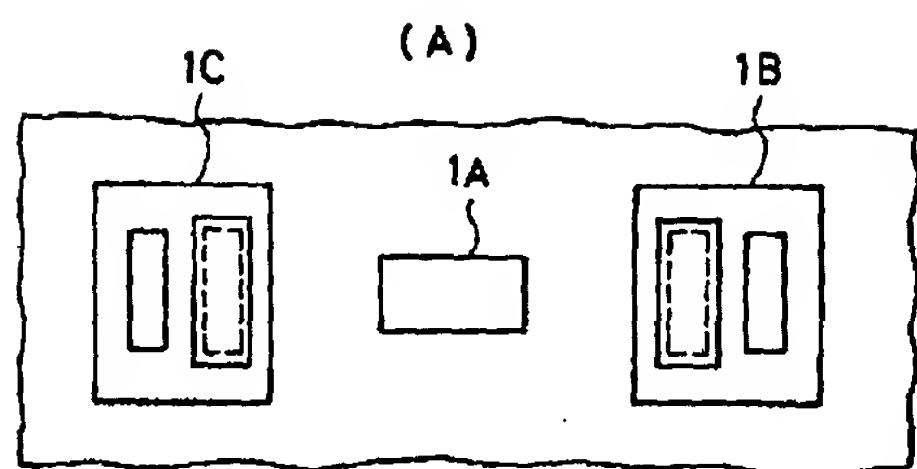
4a, 4b : 圧電体膜

[Drawing 4]

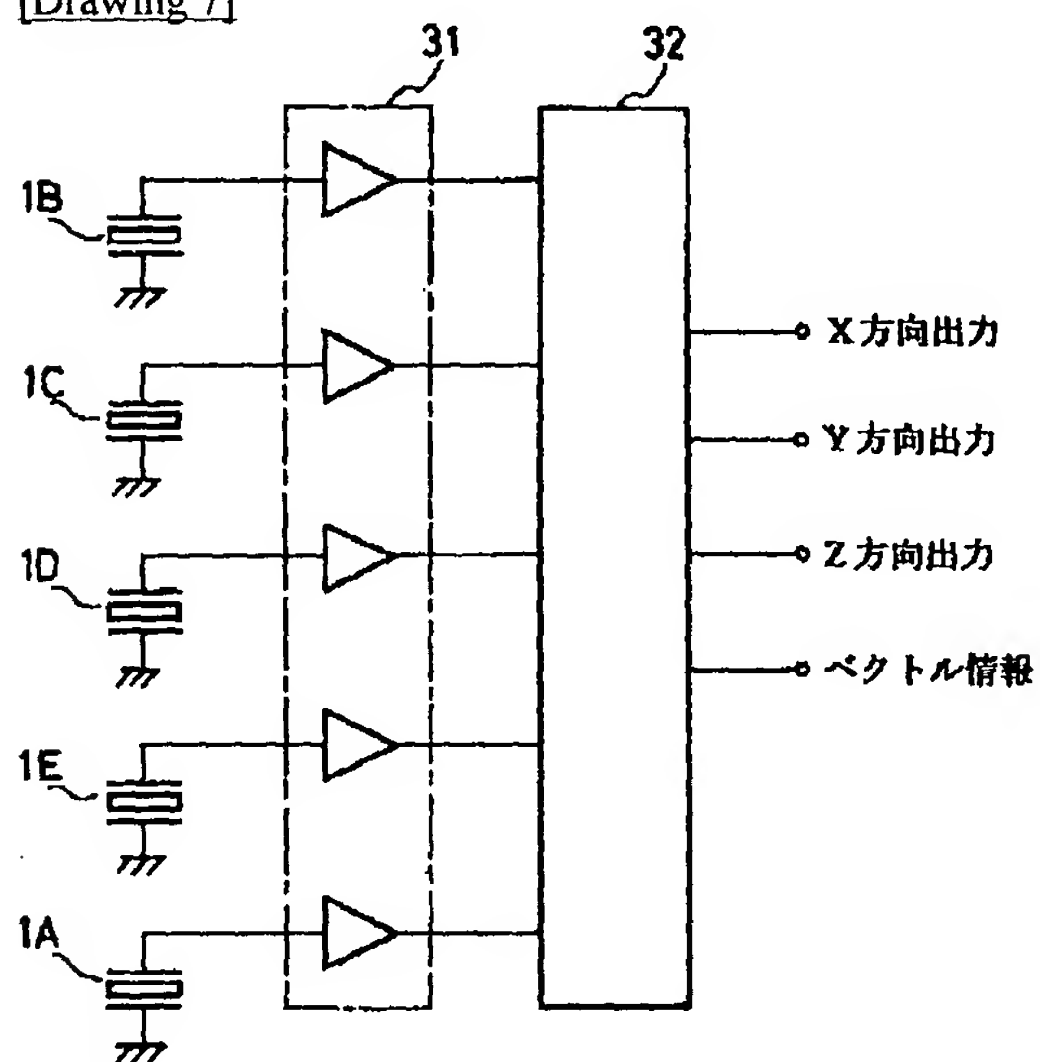


1A : 垂直方向圧力検出部
 1B, 1C : 水平方向圧力検出部

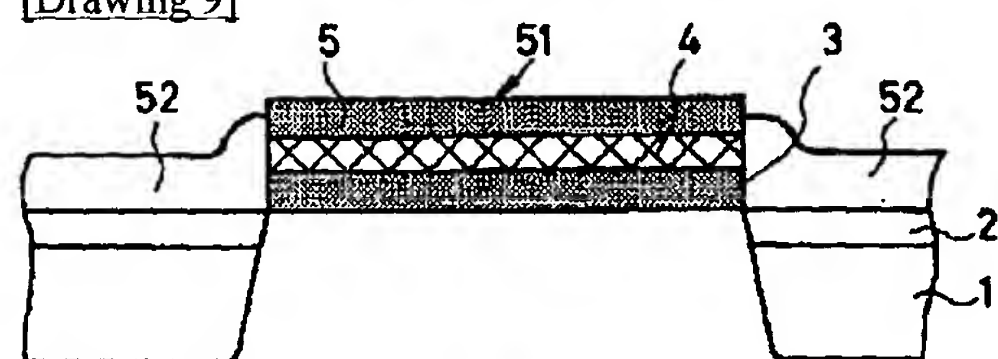
[Drawing 5]



[Drawing 7]

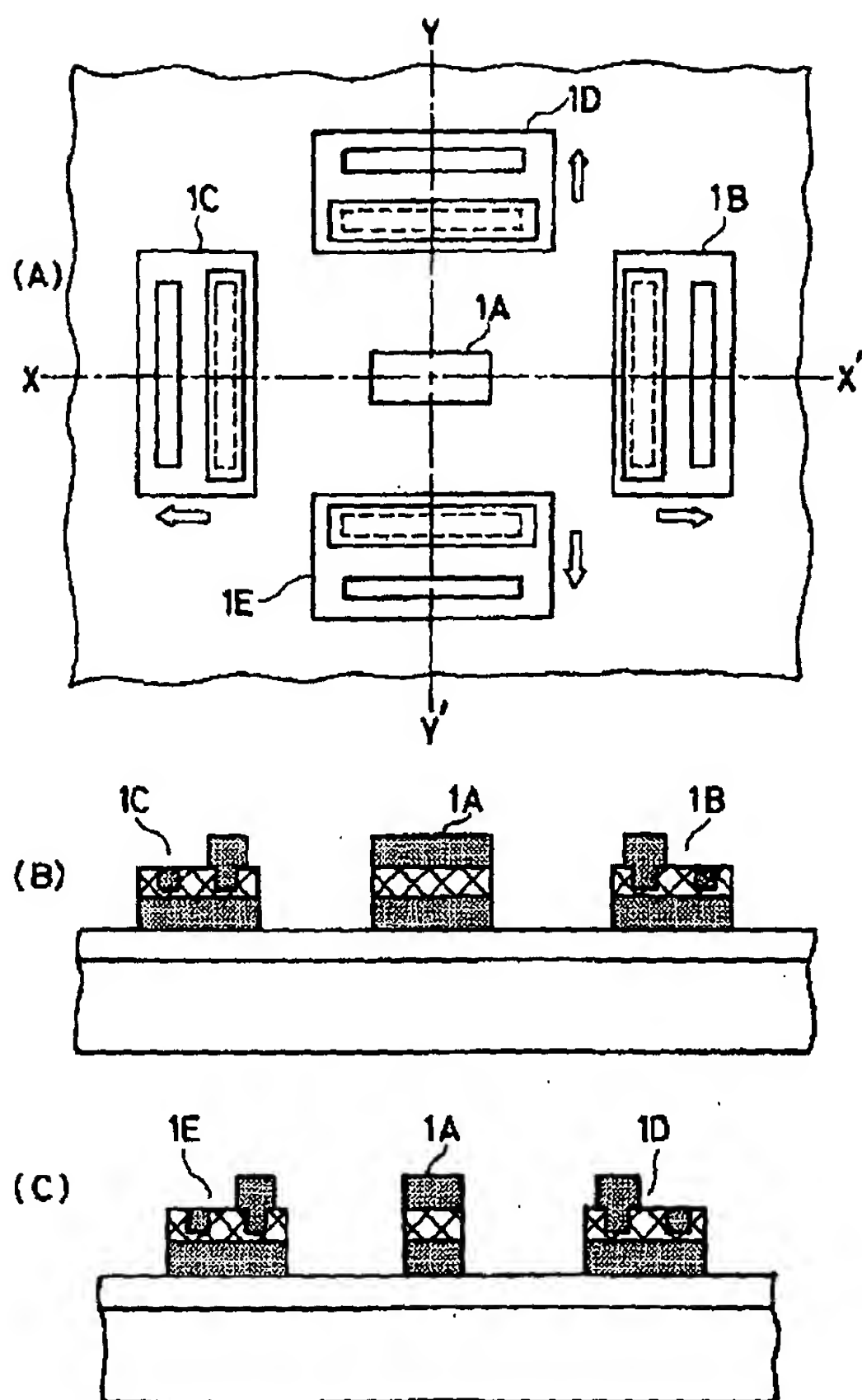


[Drawing 9]

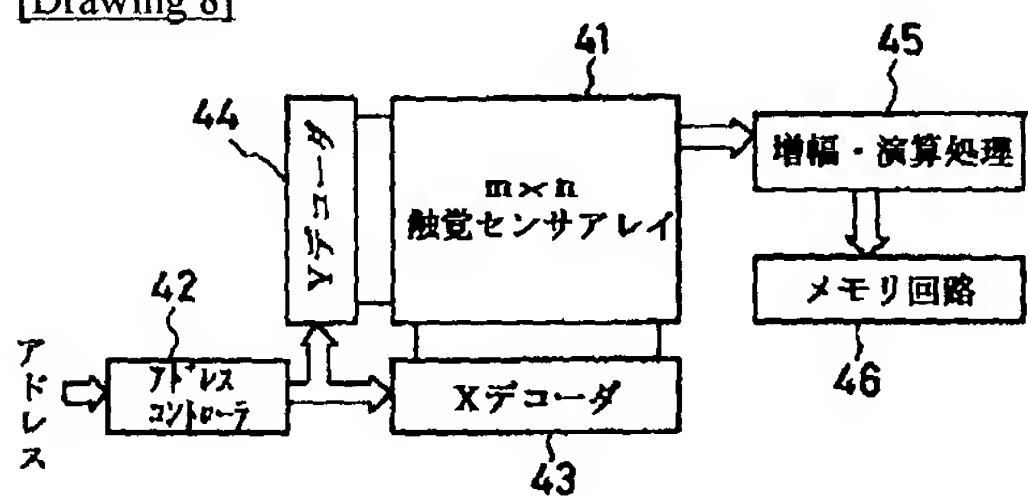


51 : 圧力検出部
52 : ポリイミット膜

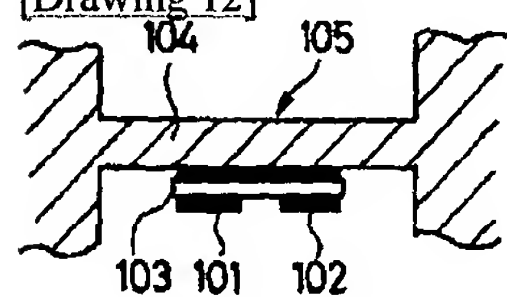
[Drawing 6]



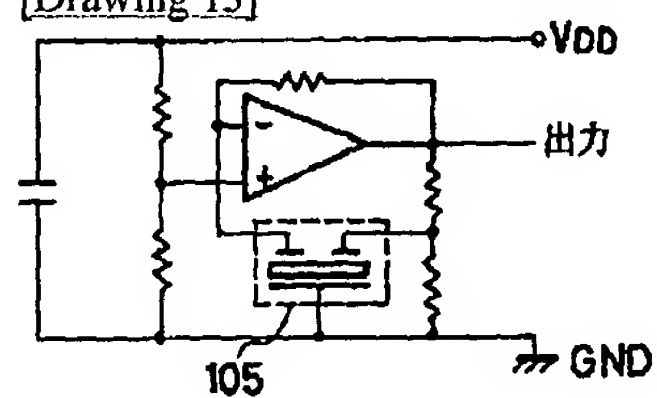
[Drawing 8]



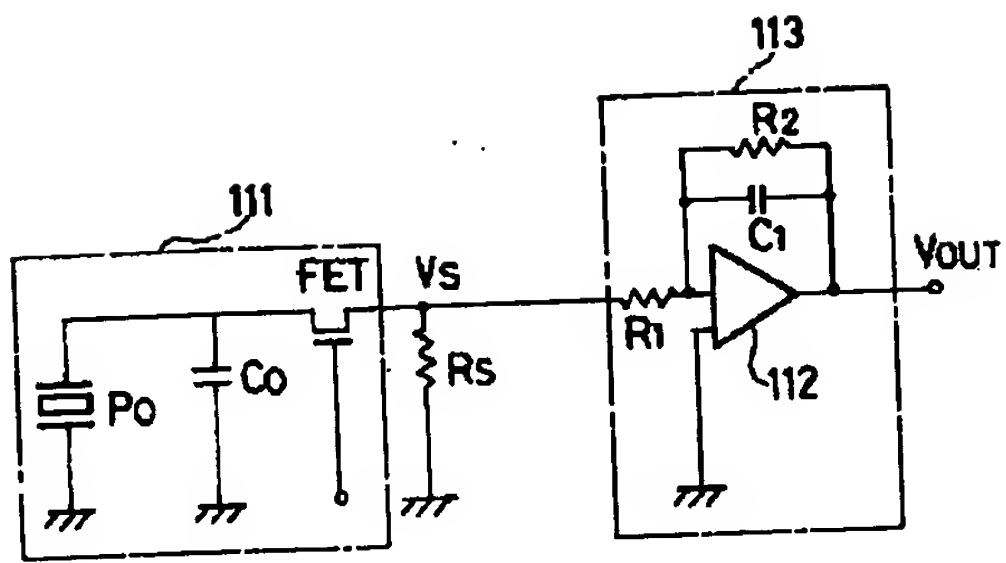
[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-203671

(43) 公開日 平成9年(1997)8月5日

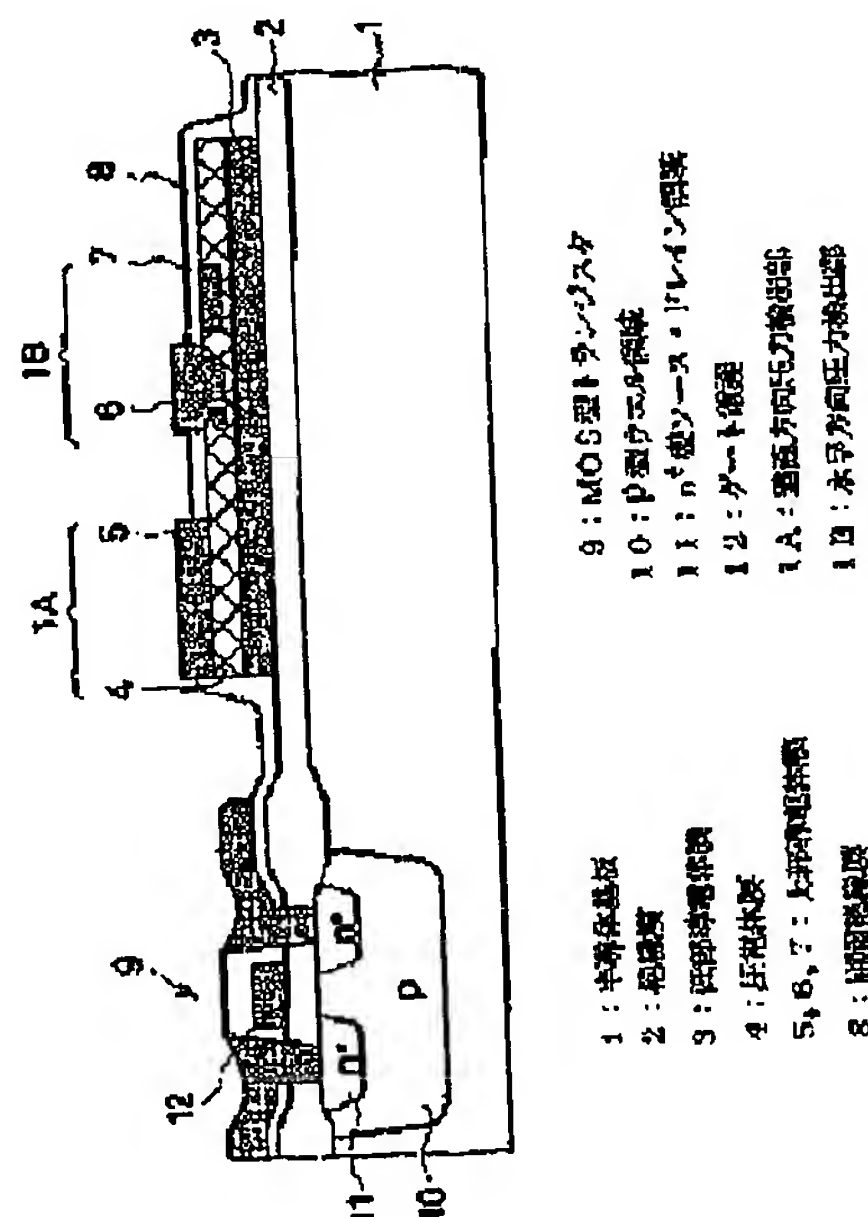
(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 1 L	1/18		G 0 1 L 1/18	
C 0 4 B	35/46		H 0 3 K 17/94	G
	35/49		C 0 4 B 35/46	D
H 0 1 L	41/08		35/49	A
41/187			H 0 1 L 41/08	Z
審査請求 未請求 請求項の数9 FD (全10頁) 最終頁に続く				
(21) 出願番号	特願平8-30090			
(22) 出願日	平成8年(1996)1月25日			
(71) 出願人	000000376 オリンパス光学工業株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号			
(72) 発明者	中野 洋 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ ンパス光学工業株式会社内			
(74) 代理人	弁理士 最上 健治			

(54) 【発明の名称】 触覚センサ

(57) 【要約】

【課題】 3軸方向からの圧力変化の検出が可能で、且つ信号処理機能を有する触覚センサを提供する。

【解決手段】 半導体基板1上にSiO₂からなる絶縁膜2を形成し、該絶縁膜2の上部に底部導電体膜3、圧電体膜4、上部導電体膜5の多層構造からなる垂直方向の圧力を検出する圧力検出部1Aを形成する。また圧電体膜4に凹部を2箇所形成し、該凹部に一部突出するように上部導電体膜6を配置すると共に、上部導電体膜7を埋め込むように配置し、水平方向の圧力を検出する圧力検出部1Bを形成する。更に半導体基板1上に、圧力検出部1A、1Bからの検出信号を増幅する増幅回路及び出力信号を演算処理する演算処理回路を構成するMOS型トランジスタ9を形成して触覚センサを構成する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に形成した絶縁膜の上部に設けた導電体膜、圧電体膜、導電体膜の多層構造からなる垂直方向の圧力を検出する圧力検出部と、前記半導体基板上に形成した絶縁膜の上部に設けた導電体膜及び圧電体膜と該圧電体膜に形成した2個所以上の凹部に設けられた導電体膜とからなる水平方向の圧力を検出する圧力検出部を有し、且つ前記半導体基板上に設けられた信号増幅器並びに信号演算器を備えていることを特徴とする触覚センサ。

【請求項2】 前記垂直方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜と水平方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜が、不連続に構成されていることを特徴とする請求項1記載の触覚センサ。

【請求項3】 前記垂直方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜と水平方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜が、不連続で且つ異なる材質で構成されていることを特徴とする請求項1記載の触覚センサ。

【請求項4】 前記垂直方向の圧力を検出する圧力検出部及び水平方向の圧力を検出する圧力検出部を、一次元又は二次元状に配列したことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の触覚センサ。

【請求項5】 前記半導体基板上に形成した垂直方向及び水平方向の圧力を検出する圧力検出部、信号増幅器並びに信号演算器の上部にポリイミド絶縁膜を形成し、半導体基板を薄膜化したことを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の触覚センサ。

【請求項6】 前記半導体基板上に温度を検出するセンサを備えていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の触覚センサ。

【請求項7】 前記圧電体膜は、 $Pb(T_{1-x}Zr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲）の化学組成により規定されるチタン酸ジルコン酸鉛組成を有するもので構成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の触覚センサ。

【請求項8】 前記圧電体膜は、 $Pb(Sr_{1-x}Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲、Yは組成比を表し、0.85～1.0の範囲）の化学組成により規定される圧電体で構成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の触覚センサ。

【請求項9】 前記温度検出センサは、 $Ba(Sr_{1-x}Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲、Yは組成比を表し、0.85～1.0の範囲）の化学組成により規定される半導体で構成されていることを特徴とする請求項6記載の触覚センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、医療分野にお

2

るクロースドサージャリー等低侵襲手術やバイオ分野における細胞操作等において、触覚情報を得ることを目的としたマニピュレータ等の対象物と接触する部分に配置される触覚センサに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、内視鏡や顕微鏡などは、観察するための器具としての機能よりも、観察を行いながら観察対象を操作するといった機能を重視するようになってきている。その現れとして、最近胆嚢摘出手術に顕微鏡が使用されたり、顕微鏡下でのマイクロマニピュレーションによる試料の操作といったことが行われるようになってきており、視覚情報と同時に触覚情報が必要となる。また、医療、人間工学分野における圧力分布観測の必要性が高まり、高性能な触覚圧力分布センサが期待されている。

【0003】従来の触覚センサは、導電性ゴムを用いた触覚センサに代表される。この触覚センサは、マトリックス状に配置された導電性ゴムの両端に電圧を加え、外力が加わるとその部分の導電性ゴムが変形しゴムの抵抗値が変化するため、その変化を電流変化として検出することで、触覚の縦方向の弾性係数を検出している。また、物質の硬さ特性の測定方法及び装置としては、対象物の硬さ、柔らかさを求める方法が、例えば特開平3-81641号に開示されている。この方法は、図12に示すような電極101、102をもつ3端子電極構造の薄膜振動子103を金属板104に取り付けてなる圧電振動子105を、図13に示すように、増幅回路、周波数測定器、電圧測定器よりなる計測部で構成される自励振回路に組み込み、対象物との接触有無の時の固有振動数を圧電振動子に取り付けた振動検出用素子により求め、両者の差から対象物の硬さを検出する方法である。また、シリコンのIC化技術を利用した半導体センサとして、半導体基板上に薄膜のダイアフラムを作成し、圧力の変化をダイアフラムの容置変化として検出する方法がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の触覚センサは、触覚を構成する要素の一部である対象物表面と、垂直方向（縦方向）の弾性特性のみ検出するセンサであり、垂直方向以外の圧力検出を行う観点からの考慮がなされていなかった。また、対象物との接触部において、振動ピックアップ用センサを取り付けており、小型化していないため、高密度化や、温度、湿度等の情報を同時に入手するような複合センサへの応用といった観点についても、考慮がなされていなかった。

【0005】本発明は、従来の触覚センサにおける上記問題点を解決するためになされたもので、3軸方向からの圧力変化の検出が可能で、且つ複合、小型、集積化に好適な、また信号処理機能を有する高性能の触覚センサを提供することを目的とする。

【0006】

50

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するため、請求項1記載の発明は、半導体基板上に形成した絶縁膜の上部に設けた導電体膜、圧電体膜、導電体膜の多層構造からなる垂直方向の圧力を検出する圧力検出部と、前記半導体基板上に形成した絶縁膜の上部に設けた導電体膜及び圧電体膜と該圧電体膜に形成した2個所以上の凹部に設けられた導電体膜とからなる水平方向の圧力を検出する圧力検出部を有し、且つ前記半導体基板上に信号増幅器並びに信号演算器を設けて触覚センサを構成するものである。このように構成することにより、垂直方向（Z方向）及び水平方向（X、Y方向）の圧力の検出ができ、信号処理機能をもつ小型の触覚センサを実現することができる。

【0007】請求項2記載の発明は、請求項1記載の触覚センサにおいて、前記垂直方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜と水平方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜を、不連続に構成するものである。これにより、垂直方向の圧力を検出する圧力検出部と水平方向の圧力を検出する圧力検出部が独立して構成され、各検出部の相互干渉のない触覚センサを実現することができる。

【0008】請求項3記載の発明は、請求項1記載の触覚センサにおいて、前記垂直方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜と水平方向の圧力を検出する圧力検出部を構成する圧電体膜を、不連続に且つ異なる材質で構成するものである。これにより、請求項2記載の発明と同様に、相互干渉のない垂直方向圧力検出部と水平方向圧力検出部を備えた触覚センサを実現できると共に、更に各検出部を構成する圧電体膜に異なる圧電定数をもたせることができ、各方向における圧力に対する感度特性を異ならせた触覚センサを実現することができる。

【0009】請求項4記載の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の触覚センサにおいて、前記垂直方向の圧力を検出する圧力検出部及び水平方向の圧力を検出する圧力検出部を、一次元又は二次元状に配列するものである。これにより、複数の垂直方向圧力検出部及び水平方向圧力検出部から情報が得られるため、圧力分布や摩擦係数等の触覚情報の検出が容易に得られる。

【0010】請求項5記載の発明は、請求項1～4のいずれか1項に記載の触覚センサにおいて、前記半導体基板上に形成した垂直方向及び水平方向の圧力を検出する圧力検出部、信号増幅器並びに信号演算器の上部にポリイミド絶縁膜を形成し、半導体基板を薄膜化するものである。これにより、触覚センサを構成する圧電体膜を含む圧力検出部が、フレキシブルな部材であるポリイミドにより支持されるので、柔軟性をもち、曲面等への実装が可能となる。

【0011】請求項6記載の発明は、請求項1～5のい

ずれか1項に記載の触覚センサにおいて、半導体基板上に温度を検出するセンサを備えるものである。これにより、触覚センサ周辺の温度変化を検出することができるので、対象物と触覚センサが接触する前に、センサ近傍の温度変化により対象物に近接しているかどうか判断でき、接触した後も対象物からの温度変化を検出することができる。

【0012】請求項7記載の発明は、請求項1～6のいずれか1項に記載の触覚センサにおいて、前記圧電体膜を、 $Pb(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲）の化学組成により規定されるチタン酸ジルコン酸鉛組成を有するもので構成するものであり、また請求項8記載の発明は、請求項1～6のいずれか1項に記載の触覚センサにおいて、前記圧電体膜は $PbSr_{1-y}(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲、Yは組成比を表し、0.85～1.0の範囲）の化学組成により規定される圧電体で構成するものである。これにより、良好な特性の圧力検出部を備えた触覚センサを提供することができる。

【0013】請求項9記載の発明は、請求項6記載の触覚センサにおいて、前記温度検出センサを、 $BaSr_{1-y}(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲、Yは組成比を表し、0.85～1.0の範囲）の化学組成により規定される半導体で構成するものである。これにより、良好な特性の温度検出センサを備えた触覚センサを提供することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】次に、実施の形態について説明する。まず、本発明の理解を容易にするために、圧電セラミックを用いた圧力検出回路について、簡単に説明する。図14は、圧力検出の基本回路を示す図であり、圧電セラミック P_0 、コンデンサ C_0 、電界効果トランジスタFETにより圧力検出部111が構成されている。電界効果トランジスタFETを開にして圧電セラミック P_0 に分極軸方向の荷重 $F(Kgf)$ を印加すると、圧電効果により圧電セラミック P_0 の表面に電荷 Q_0 （クーロン）が発生する。発生電荷 Q_0 は圧電方程式より、圧電定数 $d_{31}(C/N)$ を用いて次式(1)で与えられる。 $Q_0 = 9.8 d_{31} F \dots \dots (1)$

発生電荷 Q_0 は並列に接続されたコンデンサ C_0 にも蓄積される。コンデンサ C_0 は圧電セラミック P_0 に比べ容量が十分大きく絶縁抵抗が高いものであり、コンデンサ C_0 の付加により電荷のリークを防止しつつ、発生電荷を適当な値に調整することが可能となっている。

【0015】次に、荷重印加のまま電界効果トランジスタFETを開にすると、電荷 Q_0 は抵抗 R_0 を通じて放電する。このとき放電電流 I_0 、抵抗 R_0 に発生する電圧を V_0 とすると、放電した電荷 Q_0 は次式(2)で与えられる。

$$Q_0 = I_0 \cdot dt = 1/R_0 \cdot V_0 \cdot dt \dots \dots (2)$$

発生電荷 Q_1 と放電電荷 Q_2 は等しいので、上記2つの＊ ＊式より、荷重 F は次式(3)で表される。

$$F = 1 / (9.8 d_{11} R_1) \cdot V_1 \cdot dt \cdots \cdots (3)$$

この積分は、図14の演算増幅器112とコンデンサ C 、と抵抗 R_1 、 R_2 からなる積分回路113で実現される。

【0016】次に、本発明の第1の実施の形態について説明する。この実施の形態は、図1に示すように、半導体基板1上に SiO_2 からなる絶縁膜2を形成し、該絶縁膜2の上部に底部導電体膜3、圧電体膜4、上部導電体膜5の多層構造からなる垂直方向の圧力を検出する圧力検出部1Aを形成する。ここで、圧力検出部1Aは圧電体膜4が圧電定数 d_{11} (C/N)を有するため、上部導電体膜5に対して垂直方向の圧力 F (Kgf)が加えられると、電荷 Q_1 が、 $Q_1 = 9.8 d_{11} F$ の関係により発生されることによって、垂直方向の圧力を電荷に変換することができる。

【0017】また前記圧電体膜4には凹部を2箇所形成し、その凹部に上部導電体膜6、7を配置し、水平方向の圧力を検出する圧力検出部1Bを形成する。ここで、圧力検出部1Bは圧電体膜4が圧電定数 d_{11} (C/N)を有するため、導電体膜6に対して水平方向の圧力 F (Kgf)が加えられると、導電体膜6と導電体膜7の間に歪みが生じ、この歪みに対応した電荷 Q_2 が、 $Q_2 = 9.8 d_{11} F$ の関係により発生されることにより、水平方向の圧力を電荷に変換することができる。なお、この際、導電体膜7が導電体膜6と同様の形状であると、水平方向の力が両導電体膜に同等に加えられるため、両導電体膜間に歪みを生じさせず、圧力検出ができなくなる。そのため、本実施の形態では、例えば、導電体膜7は圧電体膜4の中に埋め込まれており、水平方向の検出すべき圧力が導電体膜6のみに加えられる構造とし、圧力検出が行えるように構成されている。そして、導電体膜5、6を除いた表面には層間絶縁膜8が形成されている。

【0018】なお、上記圧電体膜4は、 $Pb(X_{1-x}Zr_x)O_3$ (式中の X は組成比を表し、0.2~1.0の範囲)の化学組成により規定されるチタン酸ジルコン酸鉛組成を有する材料か、あるいは $Pb(Sr_{1-x}Ti_xZr_x)O_3$ (式中の X は組成比を表し、0.2~1.0の範囲、 Y は組成比を表し、0.85~1.0の範囲)の化学組成により規定される材料で作成する。

【0019】更に、半導体基板1上には、圧力検出部1A、1Bからの電気信号(電荷 Q_1 、 Q_2)を増幅するために、MOS型トランジスタ9に代表される複数のMOS型トランジスタからなる増幅回路が形成されている。図1において、10はPウェル領域、11は n^+ 型ソース・ドレイン領域、12はゲート電極を示している。また、半導体基板1には、増幅回路及び出力信号の演算処理を行う演算処理回路(図示せず)もシリコンプロセス技術により形成されている。なお、これらの増幅回路及び演算処理回路を構成するMOS型トランジスタ等は配

線部を除いて、前記各圧力検出部を形成する前に予め形成しておき、前記各圧力検出部を形成したのち、増幅回路及び演算処理回路を構成するMOS型トランジスタ等と前記各圧力検出部との間の配線を行って、検出センサを完成するようにしている。また、前記各圧力検出部において、必要に応じて圧電体膜は分極処理等を行い圧電定数の制御をしてもよい。

【0020】図2は、本実施の形態に関する機能的な電気的等価回路である。図2において、21、22は水平方向の圧力検出部で、23は垂直方向の圧力検出部であり、それぞれ図1の圧力検出部1B、1Aが対応している。各圧力検出部21、22、23からの出力信号は、MOSトランジスタで等しく構成された増幅回路24により、X軸、Y軸、Z軸方向の圧力データとして出力され、またMOSトランジスタで構成された演算処理回路25に入力されて、必要に応じて検出情報(ベクトル情報など)に変換されて出力するようになっている。

【0021】次に、図1に示した第1の実施の形態に係る検出センサの製造方法の実施例について説明する。半導体基板1にはp型 Si 基板を用い、該 Si 基板上を熱酸化し、絶縁膜2として SiO_2 を2000オングストローム(200 nm)成膜する。次に、スパッタ法により、2000オングストロームの膜厚で SiO_2 絶縁膜2上に白金を成膜して、底部導電体膜3を形成する。このあと、基板は酸素雰囲気中で700℃30分間のプリベーク処理をする。次に、前記底部導電体膜3上に、ゾルーゲル法により圧電体膜4を成膜する。圧電体材料は、酢酸鉛とチタンイソプロポキシド、ジルコニウムイソプロポキシドを、目標のPZT組成に対応して2-メトキシエタノールに溶解して、ゾルーゲル前駆体溶液を調整する。目標組成は、 $Pb(Zr_{1-x}Ti_x)O_3$ とする。そして、前記前駆体溶液に水と酢酸を所定量加えて溶液の加水分解を行い、加水分解後の溶液を、①1500rpm、30秒のスピンコート、②ホットプレートにて乾燥、180℃、5分、③RT Pベーク、酸素雰囲気、昇温速度125℃/秒、650℃、30秒間、の手順で形成する。なお、5000オングストロームの膜厚とするために、①~③の工程を5回繰り返す。次に、電気炉内アニール(酸素雰囲気11/分、700℃、30分)を行い、圧電体膜を成膜する。

【0022】次に、イオンミリングにより、圧電体膜4に凹部を形成する。この際、ミリングによる加工の深さは4000オングストロームとする。次に、スパッタ法により、10000オングストロームの膜厚で圧電体膜4上に白金を成膜し、酸素雰囲気中で700℃、30分間のプリベーク処理を行う。次いで、イオンミリングにより上部導電体膜5、6を形成する。更にイオンミリングにより、水平圧力検出部用導電体膜7を形成する。

【0023】次に、層間絶縁膜8を成膜する。この成膜

には、SOGを①スピコートにて塗布し、以下の条件で乾燥する。②ホットプレートにて、100℃5分、200℃5分、280℃5分、を順次ベーキングした後、所望の厚みになるまで、①、②の工程を繰り返す。その後、電気炉内アニール（酸素雰囲気11/分、400℃、30分）を行い、炉内温度を10℃/分昇温し、更に、電気炉内アニール（酸素雰囲気11/分、600℃、30分）を行い、炉内温度を10℃/分昇温し、更に、電気炉内アニール（酸素雰囲気11/分、600℃、30分）を行う。

【0024】層間絶縁膜8の成膜後、R1Eにて加工し、上部導電体膜5、6上の層間絶縁膜8を取り除いて各圧力検出部1A、1Bを形成する。そして、これらの各圧力検出部1A、1Bを形成する前にCMOSプロセスで予め形成していた、配線部を除くMOSトランジスタ9を含む増幅回路及び演算処理回路と、前記各圧力検出部1A、1Bとの間の配線を行って、触覚センサを完成させる。

【0025】次に、第2の実施の形態を図3に基づいて説明する。なお図3において、図1に示した第1の実施の形態と同一又は対応する構成要素には同一符号を付して示し、MOSトランジスタ部分は図示を省略している。この実施の形態は、図1に示した第1の実施の形態と異なり、垂直方向の圧力を検出する圧力検出部1A及び水平方向の圧力を検出する圧力検出部1Bを構成する圧電体膜4a、4bを不連続な膜で構成するものである。このように構成することにより、水平方向及び垂直方向の各々の圧力検出部1A、1Bにおいて、圧電体膜が連続であることによるクロストークを排除することが可能となる。更に、圧電体膜4aと4bを異なる材料を用いて作成することにより、圧電定数を各々の圧力検出部に応じて変えることも可能となる。

【0026】次に、上記第2の実施の形態の製造方法の実施例について説明する。半導体基板1はp型Si基板を用い、該Si基板上を熱酸化し、絶縁膜2としてSiO₂を2000オングストローム（200 nm）成膜する。次に、スパッタ法により、2000オングストロームの膜厚でSiO₂絶縁膜2上に白金を成膜して、低部導電体膜3を形成する。このあと、基板は酸素雰囲気中で700℃30分間のブリベーク処理をする。次に、前記低部導電体膜3上に、ゾルーゲル法により圧電体膜4a、4bを形成する圧電体膜を成膜する。圧電体材料は、酢酸鉛とチタンイソプロポキシド、ジルコニウムイソプロポキシドを、目標のPZT組成に対応して2-メトキシエタノールに溶解して、ゾルーゲル前駆体溶液を調整する。目標膜組成は、Pb（Zr_{0.5}Ti_{0.5}）O₃とする。そして、前記前駆体溶液に水と酢酸を所定量加えて溶液の加水分解を行い、加水分解後の溶液を、①1500rpm、30秒のスピコート、②ホットプレートにて乾燥、180℃、5分、③RTPベーク、酸素雰囲気、昇温速度125℃/秒、650℃、30秒間、の手順で形成する。なお、5000オングスト

ロームの膜厚とするために、①～③の工程を5回繰り返す。次に、電気炉内アニール（酸素雰囲気11/分、700℃、30分）を行い、圧電体膜を成膜する。

【0027】次に、イオンミリングにより、圧電体膜4bの形成側に凹部を形成する。この際、ミリングによる加工の深さは4000オングストロームとする。次に、スパッタ法により、10000オングストロームの膜厚で圧電体膜4a、4bを形成する圧電体膜上に白金を成膜し、酸素雰囲気中で700℃、30分間のブリベーク処理を行う。次いで、イオンミリングにより上部導電体膜5、6を形成する。更にイオンミリングにより、水平圧力検出部用導電体膜7を形成する。そして、更にイオンミリングにより、圧電体膜4a、4b及び低部導電体膜3を加工し、垂直圧力検出部1Aと水平圧力検出部1Bを形成する。

【0028】次に、層間絶縁膜8を成膜する。この成膜には、SOGを①スピコートにて塗布し、以下の条件で乾燥する。②ホットプレートにて、100℃5分、200℃5分、280℃5分、を順次ベーキングした後、所望の厚みになるまで、①、②の工程を繰り返す。その後、電気炉内アニール（酸素雰囲気11/分、400℃、30分）を行い、炉内温度を10℃/分昇温し、更に、電気炉内アニール（酸素雰囲気11/分、600℃、30分）を行い、炉内温度を10℃/分昇温し、更に、電気炉内アニール（酸素雰囲気11/分、600℃、30分）を行う。

【0029】層間絶縁膜8の成膜後、R1Eにて加工し、上部導電体膜5、6上の層間絶縁膜8を取り除いて各圧力検出部1A、1Bを形成する。そして、これらの各圧力検出部1A、1Bを形成する前にCMOSプロセスで予め形成していた、配線部を除くMOSトランジスタ9を含む増幅回路及び演算処理回路と、前記各圧力検出部1A、1Bとの間の配線を行って、触覚センサを完成させる。

【0030】次に、上記第2の実施の形態の製造方法の他の実施例について説明する。半導体基板1としてはp型Si基板を用い、該Si基板上を熱酸化し、絶縁膜2としてSiO₂を2000オングストローム成膜する。次に、スパッタ法により、2000オングストロームの膜厚でSiO₂絶縁膜2上に白金を成膜して、低部導電体膜3を形成する。このあと、基板は酸素雰囲気中で700℃30分間のブリベーク処理をする。次に、前記低部導電体膜3上に、MOD法により圧電体膜4aを成膜する。圧電体材料は、酢酸鉛とチタンイソプロポキシド、ジルコニウムイソプロポキシドを、目標のPZT組成に対応して2-メトキシエタノールに溶解させ、2-エチルヘキサン酸と反応させたMOD溶液を調整する。目標膜組成は、Pb（Zr_{0.5}Ti_{0.5}）O₃とする。そして、前記MOD溶液に、2-エチルヘキサン酸ストロンチウムを所定量加えて、目標膜組成Pb_{0.9}Sr_{0.1}（Ti_{0.5}Zr_{0.5}）O₃の溶液を作成する。この溶液を、①2500rpm、30秒のスピコート、②ホットプレートにて乾燥、1

90℃、3分、150℃、3分、250℃、5分、⑤RTP
ベーク、酸素雰囲気、昇温速度125℃/秒、800℃、30
秒間、の手順で形成する。なお5000オングストロームの
膜厚とするために、①～④の工程を5回繰り返す。次
に、電気炉内アニール（酸素雰囲気21/分、700℃、30
分）を行い、圧電体膜を成膜する。

【0031】次に、スパッタ法により、10000オングス
トロームの膜厚で圧電体膜4a上に白金を成膜し、酸素
雰囲気中で700℃30分間のブリベーク処理を行う。次い
で、イオンミリングにより上部導電体膜5を形成する。更
にイオンミリングにより、圧電体膜4a及び底部導電
体膜3を加工し、垂直方向圧力検出部1Aを作成する。

【0032】次に水平方向圧力検出部1Bに用いる圧電
体膜4bをゾルゲル法にて成膜する。圧電体材料は、酢
酸鉛とチタンイソプロポキシド、ジルコニウムイソプロ
ポキシドを、目標のPZT組成に対応して2-メトキシ
エタノールに溶解して、ゾルゲル前駆体溶液を調整す
る。目標膜組成は、 $Pb(Zr_{0.1}Ti_{0.9})O_3$ とする。
次いで、前記前駆体溶液に水と酢酸を所定量加えて
溶液の加水分解を行い、加水分解後の溶液を、①1500m
m、30秒のスピンコート、②ホットプレートにて乾燥、
180℃、5分、③RTPベーク、酸素雰囲気、昇温速度
125℃/秒、650℃、30秒間、の手順で形成する。なお
5000オングストロームの膜厚とするために、①～④の工
程を5回繰り返す。次に、電気炉内アニール（酸素雰
気11/分、700℃、30分）を行い、圧電体膜4bを成膜
する。次に、スパッタ法により、10000オングストロ
ームの膜厚で圧電体膜4b上に白金を成膜し、酸素雰
気中で700℃30分間のブリベーク処理を行う。次いで、イ
オンミリングにより上部導電体膜6を形成し、更にイオン
ミリングにより水平圧力検出部用上部導電体膜7を形成
する。更にイオンミリングにより、圧電体膜4b及び底
部導電体膜3を加工し、水平方向圧力検出部1Bを作成
する。この後、同様にして、予め同一基板上に形成され
ているMOS型トランジスタからなる増幅回路と演算処
理回路と前記各圧力検出部との間の配線を形成して、触
覚センサを完成する。

【0033】次に、第3の実施の形態を図4に基づいて
説明する。この実施の形態は、垂直方向の圧力を検出す
る圧力検出部1Aと水平方向の圧力を検出する圧力検出
部1B、1Cを備えた触覚センサである。水平方向の圧
力を検出するための圧力検出部1Bと1Cは、互いに180
度異なる方向からの圧力を検出するように配置されてい
る。つまり、圧力検出部1Bは図面上において左から右
方向への圧力検出をし、圧力検出部1Cは図面上におい
て右から左方向への圧力を検出する。各圧力検出部の検
出原理については、前述の図1に示した第1の実施の形
態の触覚センサと同様である。なお、各々の圧力検出部
からの出力は、同一基板上に設けた電荷増幅器により増
幅された後、演算器により方向と大きさの情報として出

力されるようになっている。

【0034】次に、第3の実施の形態の変形例を図5の
(A)、(B)に基づいて説明する。この変形例は、図
4に示した第3の実施の形態における垂直方向圧力検出
部1Aと水平方向圧力検出部1B、1Cを構成する圧電
体膜4a、4b、4cを、図5の(A)、(B)の上面
図及び断面図に示すように、不連続な膜で構成したもの
で、これにより垂直方向及び水平方向の各圧力検出部1
A、1B、1Cにおいて圧電体膜が連続であることによ
るクロストークを排除することが可能となる。この場合
も、圧電体膜4a、4b、4cとして異なる材料を用い
て作成することにより、圧電定数を各圧力検出部に応じ
て変えることも可能となる。

【0035】次に、第4の実施の形態を、図6の(A)
の上面図及びそのX-X'線、Y-Y'線に沿った断面
を示す図6の(B)、(C)に基づいて説明する。この
実施の形態では垂直方向の圧力を検出するための圧力検
出部1Aと、水平方向の圧力を検出するための圧力検出
部1B、1C、1D、1Eを備えた触覚センサである。
水平方向の圧力を検出するための圧力検出部1Bと1C
は、互いに180度異なる方向からの圧力を検出するよう
に配置されており、また水平方向の圧力を検出するための
圧力検出部1Dと1Eは、互いに180度異なる方向から
の圧力を検出するように配置されている。そして、更に
水平圧力検出部1B、1Cと水平圧力検出部1D、1E
とは、互いに90度異なる方向、すなわちX軸方向及びY
軸方向の圧力を検出するように配置されている。

【0036】そして、増幅回路により増幅された後、演
算処理回路により方向と大きさの情報として出力される
ようになっている。図7は図6に示した第4の実施の形
態の概略的な等価回路を示す図である。各圧力検出部1
A、1B、1C、1D、1Eからの出力信号は、それぞ
れ増幅回路31を介して演算処理回路32に入力され、X方
向、Y方向、Z方向及びベクトル情報として出力する、
三次元情報を扱うことの可能な触覚センサを実現すること
ができる。

【0037】次に、第5の実施の形態を図8に基づいて
説明する。本実施の形態では、図6に示した第4の実施
の形態に示した垂直及び水平方向の圧力を検出する5個
の圧力検出部を基本単位として、この基本単位をm×n
のマトリックス状に配置して、触覚センサアレイ41を構
成する。そして、触覚センサアレイ41の各基本単位は、
同一基板上に形成されたアドレスコントローラ42により
制御されるXデコーダ43及びYデコーダ44により選択さ
れ、その出力信号は増幅回路及び演算処理回路45により
処理されて、方向と大きさの情報として出力される。そ
して、その出力情報は圧力分布情報及び圧力の方向の分
布情報としてメモリ回路46内に随時格納される。このよ
うに構成することにより、広範囲にわたる三次元の触覚
情報を扱うことを可能とする触覚センサを実現すること

ができる。

【0038】次に、第6の実施の形態を図9に基づいて説明する。この実施の形態は、図1に示した第1の実施の形態と同様に、半導体基板1上にSiO₂絶縁膜2を形成して、その上部に底部導電体膜3、圧電体膜4、上部導電体膜5の多層構造からなる圧力検出部51を構成する。次いで、圧力検出部51を除いたSiO₂絶縁膜2を形成した半導体基板1上にポリイミド膜52をスピンオンにより形成し、圧力検出部51の形成されている部分の半導体基板1及びSiO₂絶縁膜2を、エッチングにより除去し、薄膜多層構造で形成された圧力検出部51が、柔軟性をもつポリイミド膜52で支持された触覚センサを構成する。なお、上記圧電体膜4は、 $Pb(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲）の化学組成により規定されるチタン酸ジルコン酸鉛組成を有する材料か、あるいは $Pb(Sr_{1-y}(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲、Yは組成比を表し、0.85～1.0の範囲）の化学組成により規定される材料で作成する。

【0039】このように構成した触覚センサにおいては、圧力検出部の支持体が柔軟性をもつ材料で形成されているので、触覚センサを実装する際に、実装される部位が曲面形状であっても、その形状に沿って実装させることが可能となる。

【0040】次に、第7の実施の形態について説明する。この実施の形態は、第1の実施の形態と同様に、半導体基板上に絶縁膜を形成して、その上部に底部導電体膜、圧電体膜、上部導電体膜の多層構造からなる圧力検出部を形成すると同時に、図10に示すように、半導体基板1上に形成したSiO₂絶縁膜2上に、下部電極61及び上部電極62で半導体膜63を挟み込むように構成した温度センサ64を形成するものである。なお、上記圧電体膜は、 $Pb(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲）の化学組成により規定されるチタン酸ジルコン酸鉛組成を有する材料か、あるいは $Pb(Sr_{1-y}(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲、Yは組成比を表し、0.85～1.0の範囲）の化学組成により規定される材料で作成する。また、上記温度センサを構成する半導体膜としては、 $Bi(Sr_{1-y}(Ti_xZr_{1-x})O_3$ （式中のXは組成比を表し、0.2～1.0の範囲、Yは組成比を表し、0.85～1.0の範囲）の化学組成により規定される半導体を用いて作成する。

【0041】このように温度センサを備えた触覚センサにおいては、同一基板上に形成した演算処理部において圧力検出信号が検出されているときは勿論、検出されていない場合は温度センサの出力の変化を微分演算し、触覚センサが対象物に対して近接しているか否かを判断する機能をもたせることができる。

【0042】次に、この実施の形態の温度センサ部の製

造方法の実施例について説明する。この温度センサは、半導体基板1としてp型Si基板を用い、該基板1上を熱酸化し、SiO₂絶縁膜2を2000オングストローム成膜する。次に、スパッタ法により、2000オングストロームの膜厚でSiO₂絶縁膜2上に白金を成膜し、下部電極61を形成する。このあと、基板は酸素雰囲気中で700℃30分間のプリベーク処理を行う。次に、前記下部電極61上に、MOD法にて半導体膜63を成膜する。半導体材料としては、酢酸バリウムとチタンイソプロポキシドを目標の組成に対応して2-メトキシエタノールに溶解させ、2-エチルヘキサン酸と反応させたMOD溶液を調整し、該MOD溶液に2-エチルヘキサン酸を所定量加えて、目標膜組成 $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ の溶液を作成する。この溶液を、①2500rpm、30秒のスピンコート、②ホットプレートにて乾燥、100℃、3分、150℃、3分、250℃、3分、③RTPベーク、酸素雰囲気、昇温速度125℃/秒、800℃、30秒間、の手順で半導体膜63を形成する。なお、3000オングストロームの膜厚とするために、①～③の工程を3回繰り返す。次に、電気炉内アニール（酸素雰囲気21/分、700℃、30分）を行い、半導体膜63を成膜する。次にイオンミリングで半導体膜63に2000オングストロームの凹部を形成する。次に、スパッタ法により、2000オングストロームの膜厚で半導体膜63上に上部電極用の白金を成膜し、酸素雰囲気中で700℃30分間のプリベーク処理を行う。次いで、イオンミリングにより上部電極62を形成する。このようにして製造した温度センサは、図11に示すような温度特性を示す。

【0043】

【発明の効果】以上実施の形態に基づいて説明したように、請求項1記載の発明によれば、垂直方向及び水平方向の圧力の検出ができ、信号処理をもつ小型の触覚センサを実現することができる。請求項2記載の発明によれば、垂直方向圧力検出部と水平方向圧力検出部の相互干渉の生じない触覚センサを実現することができる。請求項3記載の発明によれば、相互干渉が生ぜず、且つ圧電定数の異なる垂直方向圧力検出部と水平方向圧力検出部とを備えた触覚センサを実現することができる。請求項4記載の発明によれば、圧力分布や摩擦係数等の触覚情報の検出を容易に行うことが可能となる。請求項5記載の発明によれば、柔軟性をもつ曲面等への実装が可能な触覚センサが得られる。請求項6記載の発明によれば、周辺の温度変化を検出することができる触覚センサを実現することができる。請求項7及び8記載の発明によれば、良好な特性の圧力検出部を備えた触覚センサを提供することができる。また請求項9記載の発明によれば、良好な特性の温度検出センサを備えた触覚センサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る触覚センサの第1の実施の形態を示す断面図である。

【図2】図1に示した第1の実施の形態の概略等価回路を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態を一部省略して示す断面図である。

【図4】本発明の第3の実施の形態を一部省略して示す断面図である。

【図5】図4に示した第3の実施の形態の変形例の一部省略して示す上面図及び断面図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態の一部省略して示す上面図及び断面図である。

【図7】図6に示した第4の実施の形態の概略等価回路を示す図である。

【図8】本発明の第5の実施の形態を示すブロック構成図である。

【図9】本発明の第6の実施の形態の一部省略して示す断面図である。

【図10】本発明の第7の実施の形態の一部省略して示す断面図である。

【図11】図10に示す第7の実施の形態における温度センサの温度特性を示す図である。

【図12】従来の圧力センサ感圧部の基本構造を示す断面図である。

【図13】図12に示した圧力センサを用いて対象物の硬さを検出するために用いる単電源自励振回路を示す図である。

【図14】一般的な圧電セラミックを用いた圧力検出回路を示す回路構成図である。

【符号の説明】

1 半導体基板

*

* 2 絶縁膜

3 底部導電体膜

4 圧電体膜

5, 6, 7 上部導電体膜

8 層間絶縁膜

9 MOS型トランジスタ

10 P型ウェル領域

11 n⁺型ソース・ドレイン領域

12 ゲート電極

10 1A 垂直方向圧力検出部

1B, 1C, 1D, 1E 水平方向圧力検出部

21, 22, 23 圧力検出部

24 増幅回路

25 演算処理回路

31 増幅回路

32 演算処理回路

41 触覚センサアレイ

42 アドレスコントローラ

43 Xデコーダ

20 44 Yデコーダ

45 増幅・演算処理回路

46 メモリ回路

51 圧力検出部

52 ポリイミド膜

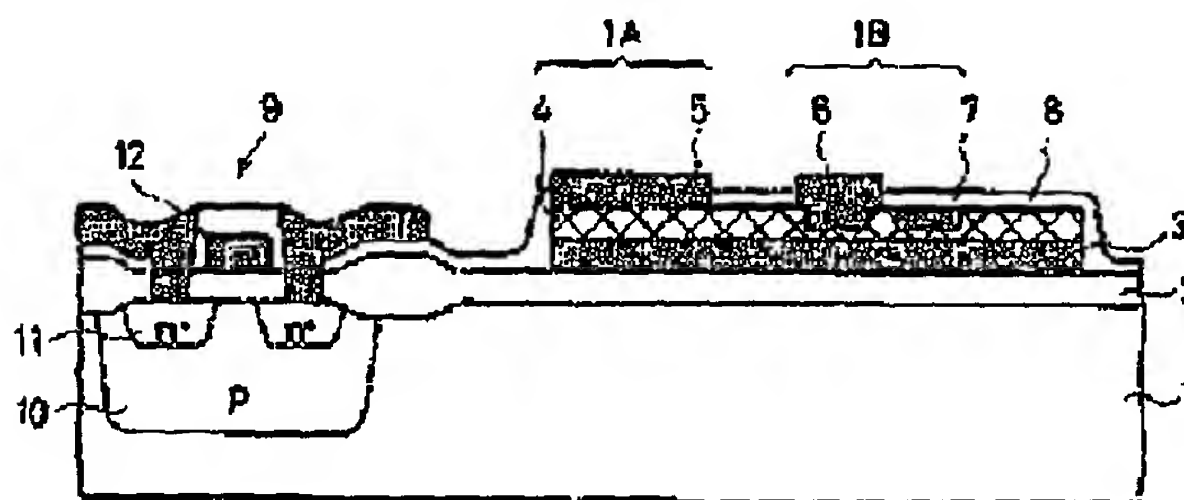
61 下部電極

62 上部電極

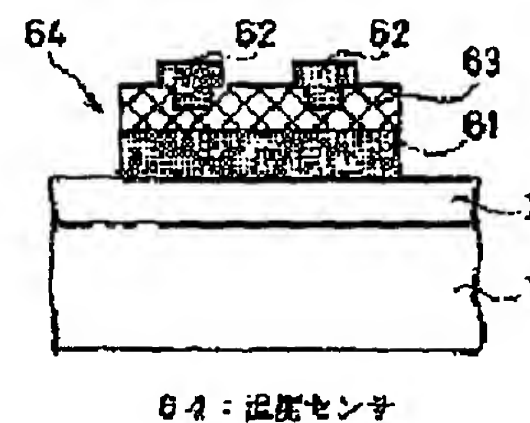
63 半導体膜

64 温度センサ

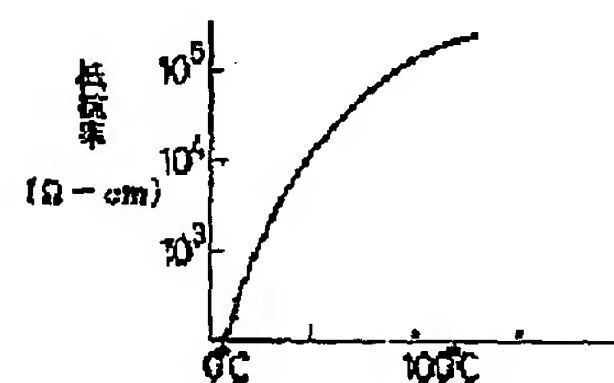
【図1】



【図10】



【図11】



1: 半導体基板

2: 絶縁膜

3: 底部導電体膜

4: 圧電体膜

5, 6, 7: 上部導電体膜

8: 層間絶縁膜

9: MOS型トランジスタ

10: P型ウェル領域

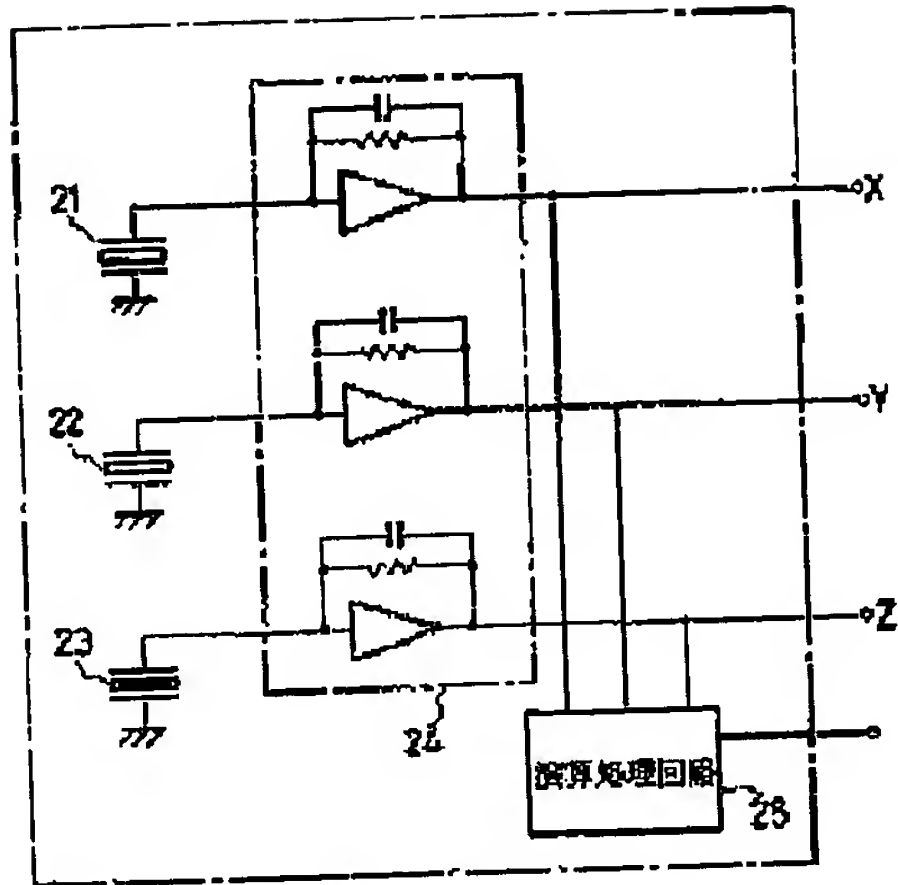
11: n⁺型ソース・ドレイン領域

12: ゲート電極

1A: 垂直方向圧力検出部

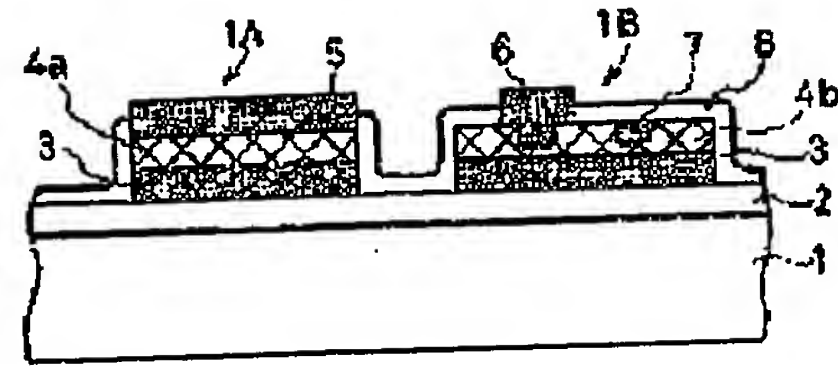
1B: 水平方向圧力検出部

【図2】



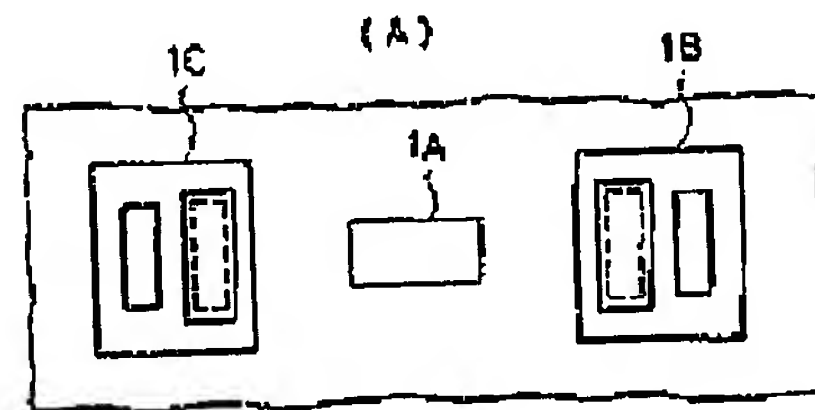
21, 22: 水平方向圧力検出部
23: 垂直方向圧力検出部
24: 増幅回路

【図3】

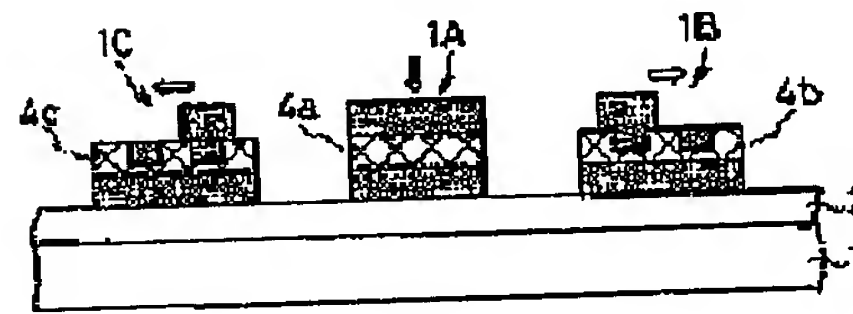


4a, 4b: 圧電体膜

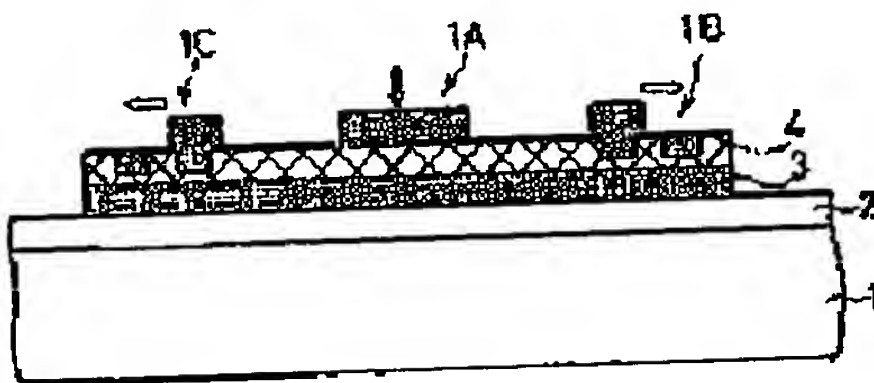
【図5】



(B)

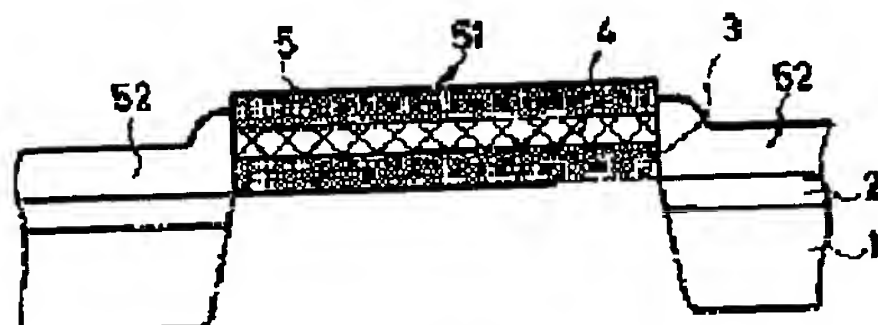


【図4】



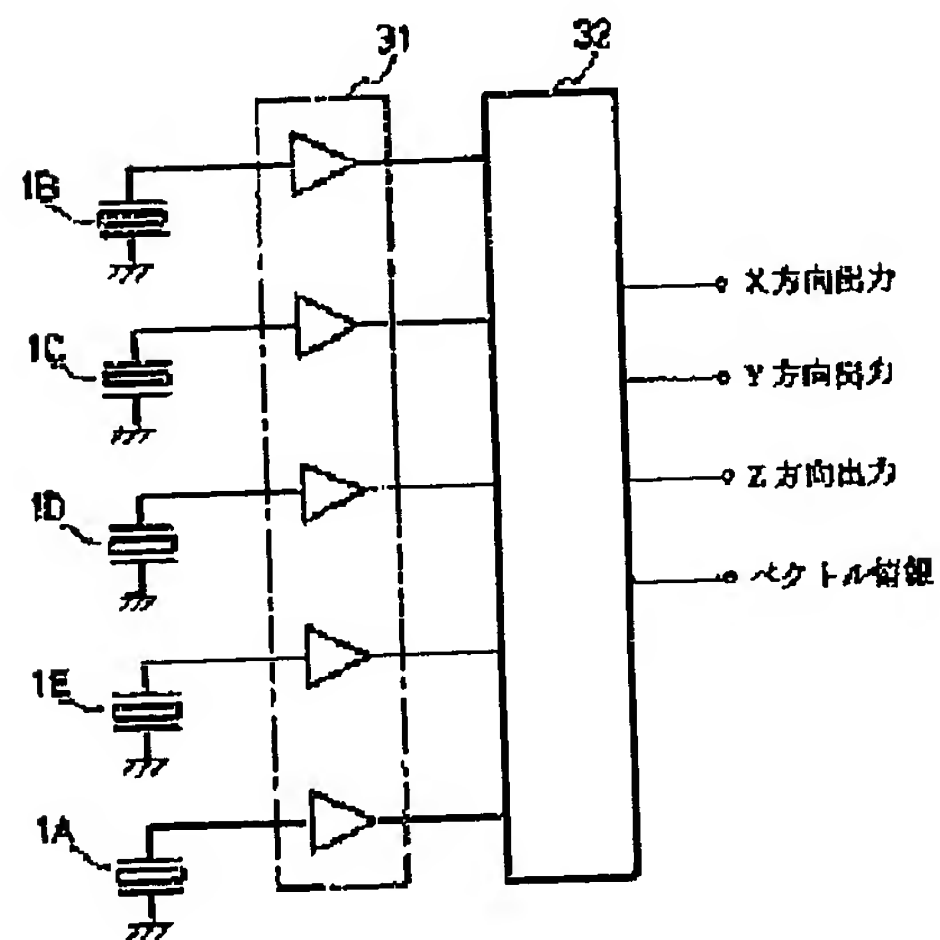
1A: 垂直方向圧力検出部
1B, 1C: 水平方向圧力検出部

【図9】

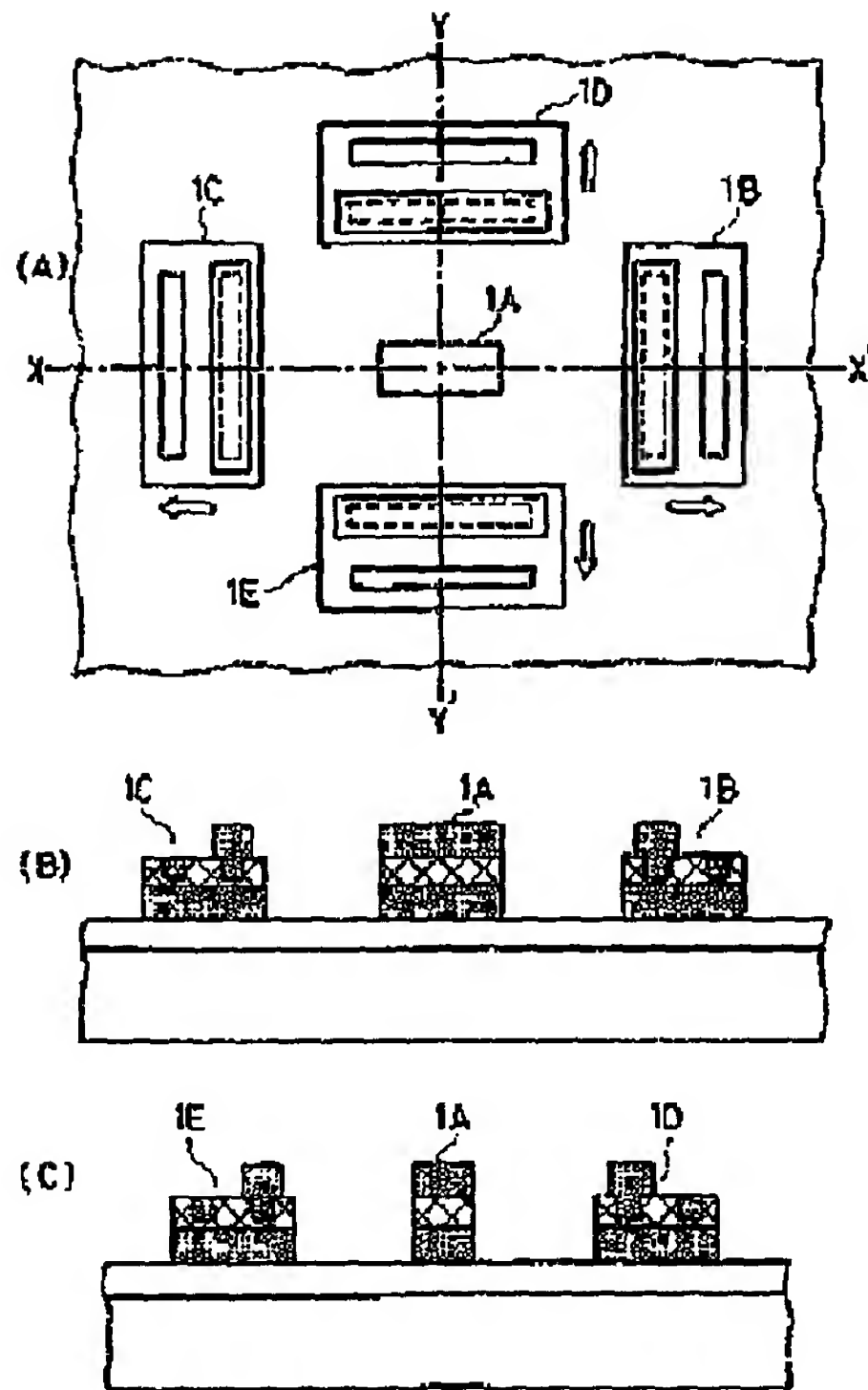


51: 圧力検出部
52: ポリイミド膜

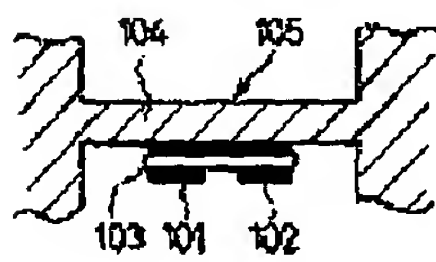
【図7】



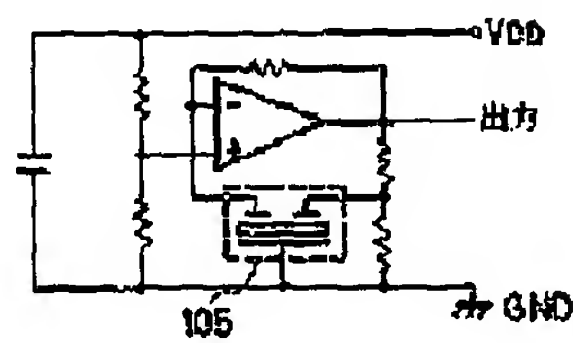
【図6】



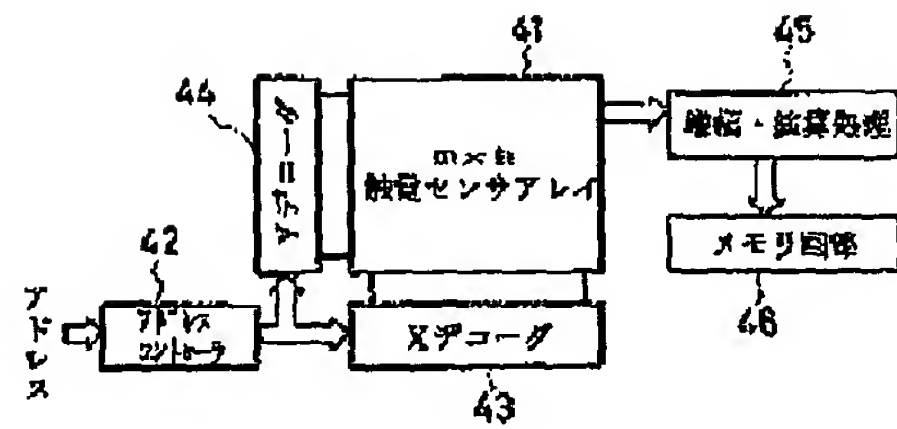
【図12】



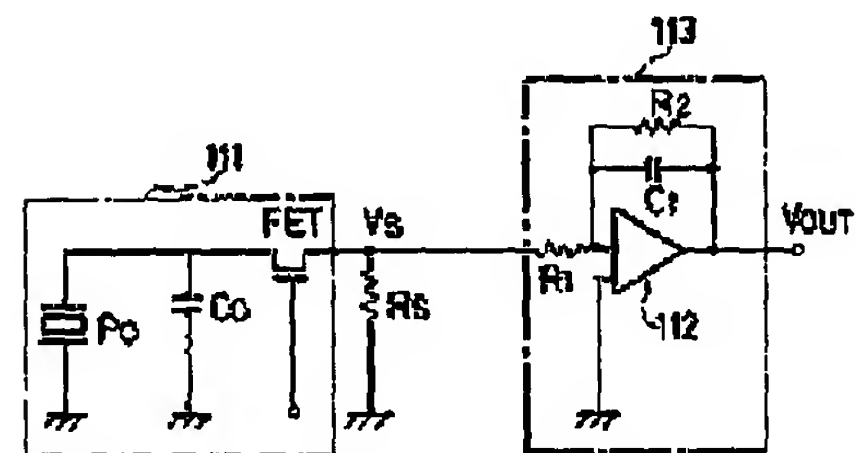
【図13】



【図8】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁹

H01L 41/24

H03K 17/94

識別記号

片内整理番号

FI

H01L 41/18

41/22

技術表示箇所

1C1D

A